



**Escola de Camins**

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

## PROJECTE O TESINA D'ESPECIALITAT

### Títol

**PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO  
HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO REVERSIBLE  
DE MATALAVILLA-SALENTINOS  
T.M. Páramo de Sil (LEÓN)**

**CÓDIGO: 711-PRO-CA-6338**

### Autor/a

**MARIA GRÍÑO COLOM**

### Tutor/a

**MARTÍ SÁNCHEZ y LUÍS E. FÉLEZ**

### Departament

**INGENIERÍA HIDRÁULICA**

### Intensificació

**CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS**

### Data

**JUNIO 2014**



# **Escola de Camins**

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

## **PROYECTO FINAL DE CARRERA**

---

**PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO  
HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO REVERSIBLE  
DE MATALAVILLA-SALENTINOS  
T.M. Páramo de Sil (LEÓN)**

**CÓDIGO: 711-PRO-CA-6338**

---

## **DOCUMENTO Nº 1**

MEMORIA  
ANEJOS A LA MEMORIA

---

**AUTORA: MARÍA GRIÑÓ COLOM**

**TUTORES: MARTÍ SÁNCHEZ y LUÍS E. FÉLEZ**

**BARCELONA, JUNIO 2014**



## DOCUMENTO NÚMERO 1 – MEMORIA Y ANEJOS

### MEMORIA

### ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo número 1. ESTUDIO GEOLÓGICO

Anejo número 2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Anejo número 3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Anejo número 4. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA TURBO-BOMBA

Anejo número 5. ESTUDIO DE TÚNELES

Anejo número 6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Anejo número 7. ESTUDIO DE PRODUCCIONES

Anejo número 8. IMPACTO AMBIENTAL

Anejo número 9. INTERESES AFECTADOS

Anejo número 10. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Anejo número 11. PLAN DE OBRA

Anejo número 12. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

Anejo número 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Anejo número 14. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

## DOCUMENTO NÚMERO 2 – PLANOS

## DOCUMENTO NÚMERO 3 – PRESUPUESTO



# Memoria

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO .....	4
3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	7
4. INFRASTRUCTURAS EXISTENTES.....	9
5. CONDICIONANTES .....	11
5.1. Cartografía y topografía .....	11
5.2. Climatología e hidrología.....	11
5.3. Geología y geotecnia .....	14
6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	16
6.1. Embalse superior .....	16
6.2. Tubería forzada.....	23
6.3. Solución final de embalse superior tras estudio de rentabilidad.....	29
7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	31
7.1. Localización del proyecto .....	31
7.2. Descripción del proyecto .....	31
8. ESTUDIO DE PRODUCCIONES.....	36
9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	37
10. ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LAS OBRAS.....	38
11. TERRENOS AFECTADOS POR LAS INSTALACIONES .....	39
12. PLAN DE OBRA .....	40
13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	41
14. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	42
15. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO.....	43
16. PRESUPUESTO .....	45
17. ESTUDIO DE RENTABILIDAD .....	47
18. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO .....	49
19. CONCLUSIONES .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Demanda energética horaria. Comparación de las diferentes tecnologías de producción.....	6
Figura 2. Situación de la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil .....	7
Figura 3. Delimitación de la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil .....	8
Figura 4. Fotografía del embalse de Matalavilla.....	10
Figura 5. Esquema de la presa de Matalavilla.....	10
Figura 6. Mapa del sistema hidroeléctrico del Alto Si.....	12
Figura 7. Corte geológico del tramo de las obras dónde se aprecia la disposición de los materiales geológicos.....	15
Figura 8. Zonas de Protección Especial y posibles ubicaciones de estudio. Visor de la Junta de Castilla y León.....	17
Figura 9. Alternativas de diseño en planta del embalse superior .....	18
Figura 10. Nomenclatura de las alternativas de diseño para el embalse superior (en sección) Ejemplo del embalse A .....	19
Figura 11. Representaciones 3D de las Alternativas A y B de embalse superior .....	21
Figura 12. Alternativas de trazado de tubería y toma en el embalse inferior .....	24
Figura 13. Esquema de alternativas para el trazado en perfil de la tubería .....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las teconologías de generación) .....	5
Tabla 2. Aportaciones y caudales medios provenientes de la cuenca del Valseco .....	13
Tabla 3. Aportaciones y caudales medios provenientes del trasvase de Las Rozas ...	13
Tabla 4. Aportaciones y caudales medios totales de Matalavilla. ....	14
Tabla 5. Clasificación diseños embalse superior.....	20
Tabla 6. Características principales Alternativas A y B .....	21
Tabla 7. Precios de las Alternativas de Impermeabilización del embalse superior .....	22
Tabla 8. Estimaciones de inversiones para las alternativas DIRECTA y ONDINAS de trazado de la tubería .....	25
Tabla 9. Estudio de Rentabilidad para Alternativas A y B .....	30
Tabla 10. Relación de terrenos afectados (área) .....	39
Tabla 11. Desglose del presupuesto de ejecución material.....	45
Tabla 12 . Resultados Estudio de Rentabilidad.....	48

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN), situado al norte de la provincia de León, comunidad autónoma de Castilla y León. La finalidad del documento es la realización de un proyecto de final de carrera de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Catalunya.

En el proyecto se detallan los elementos básicos para la construcción de un aprovechamiento hidroeléctrico reversible que, además de suministrar energía a la red eléctrica, contribuya a dotar al sistema de generación de capacidad de regulación suficiente frente al creciente desarrollo de las instalaciones de generación no gestionable. Al tratarse este documento de la memoria del proyecto, no se detallarán los cálculos realizados o los detalles de los estudios, puesto que los podremos encontrar en los anejos correspondientes.

El proyecto que se presenta se limita a desarrollar los aspectos básicos del aprovechamiento, se trata un **proyecto básico**, el cual podrá ser completado posteriormente ampliando su nivel de detalle.

## 2. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

Los sistemas de almacenamiento de energía son claves para responder a características críticas de la energía eléctrica. Históricamente tales sistemas han jugado cuatro importantes papeles:

1. Reducir el coste de la electricidad almacenando electricidad obtenida en horas valle y proporcionándola en horas punta.
2. Mejorar la seguridad de la oferta energética (caídas de tensión a causa de desastres naturales, etc.) sobre todo en zonas remotas alejadas de los puntos de generación.
3. Mantener y mejorar la calidad del sistema eléctrico, regulando la frecuencia y el voltaje.
4. En zonas aisladas sin conexión a la red (islas remotas), combinadas con sistemas de generación de energías renovables, constituyen una alternativa a los sistemas convencionales de generación a partir de combustibles fósiles y/o al oneroso transporte de energía eléctrica a largas distancias.

Un sistema eléctrico debe contener un soporte de generación estable de dimensión suficiente para atender a las variaciones de la demanda. En el caso español la progresiva entrada en servicio de sistemas de generación basados en energías renovables no gestionables exige disponer de nuevos sistemas de acumulación que permitan mejorar la flexibilidad de la red para adaptarse en todo momento a las necesidades del mercado, ya que los sistemas de regulación actuales están empezando a alcanzar su límite de capacidad.

El ineficiente funcionamiento en régimen de carga variable de las centrales de ciclo combinado<sup>1</sup> para cubrir los desajustes en la red y las exigencias medioambientales exige un replanteamiento a fondo de todo el sistema.

---

<sup>1</sup> Un ciclo combinado es una central mixta con turbina de gas y caldera de recuperación con turbina de vapor, donde la máquina dominante es la turbina de gas. No debería ser normal regular en secundaria con un ciclo combinado, por pérdida de rendimiento y aumento de contaminación, pero puede hacerse y de hecho se hace si el sistema lo necesita

Con los actuales sistemas de producción térmica trabajando a plena capacidad de carga (con lo que se conseguiría máximo rendimiento, fiabilidad y duración), lo cual implica ausencia de oscilaciones de carga, y dada la necesaria incorporación de sistemas de generación alternativos basados en energías renovables, los excesos de energía en horas valle deberán ser absorbidos por otros sistemas.

<b>Características de las tecnologías de generación</b>				
<b>Tecnología</b>	<b>Aporte inercial</b>	<b>Regulación primaria</b>	<b>Regulación secundaria</b>	<b>Regulación terciaria<sup>2</sup></b>
Hidráulica, bombeo incluida	Si	Si	Si	Límite disponibilidad
Nuclear	Si	Si	Uso no habitual	Uso no habitual
Térmica carbón	Si	Si	Si	Si
Ciclo combinado	Si	No	Se emplea en seguimiento lento de demanda	Si
Minihidráulica	Si	Viable por tecnología. No se aprovechan por dispersión/atomización		
Régimen especial térmico	Si			
Eólica y fotovoltaica	No	No	No	No

*Tabla 1. Características de las tecnologías de generación*  
[http://web.upcomillas.es/catedras/crm/descargas/publicaciones/FORO\\_mix\\_electrico.pdf](http://web.upcomillas.es/catedras/crm/descargas/publicaciones/FORO_mix_electrico.pdf)

La especial orografía peninsular, que ya ha favorecido la instalación de eficientes sistemas hidráulicos desde hace un siglo, es un factor relevante para una opción decidida por los sistemas hidráulicos reversibles de bombeo, capaces de almacenar la energía, bombeando agua en horas valle, y suministrar energía regulada en horas punta. Las primeras grandes centrales de bombeo se instalaron para regular la rigidez de funcionamiento de las centrales nucleares. En la actualidad, una nueva generación de centrales de bombeo a escala más flexible se hace necesaria para regular la

<sup>2</sup> La regulación secundaria responde a grandes variaciones de carga y requiere disponer de una reserva de potencia en las máquinas que están en funcionamiento. Cuando esta reserva se agota es necesario conseguir su recuperación, a plazo más largo. Esta recuperación de la reserva "secundaria" es la regulación terciaria, que puede ser llamada a entrar en servicio en un rango de horas.

aleatoriedad de las renovables no gestionables. Aunque existen sistemas alternativos de almacenamiento y regulación, como las baterías, el aire comprimido, el hidrógeno, etc, el bombeo hidráulico sigue siendo el sistema más eficiente para hacerlo en forma masiva.

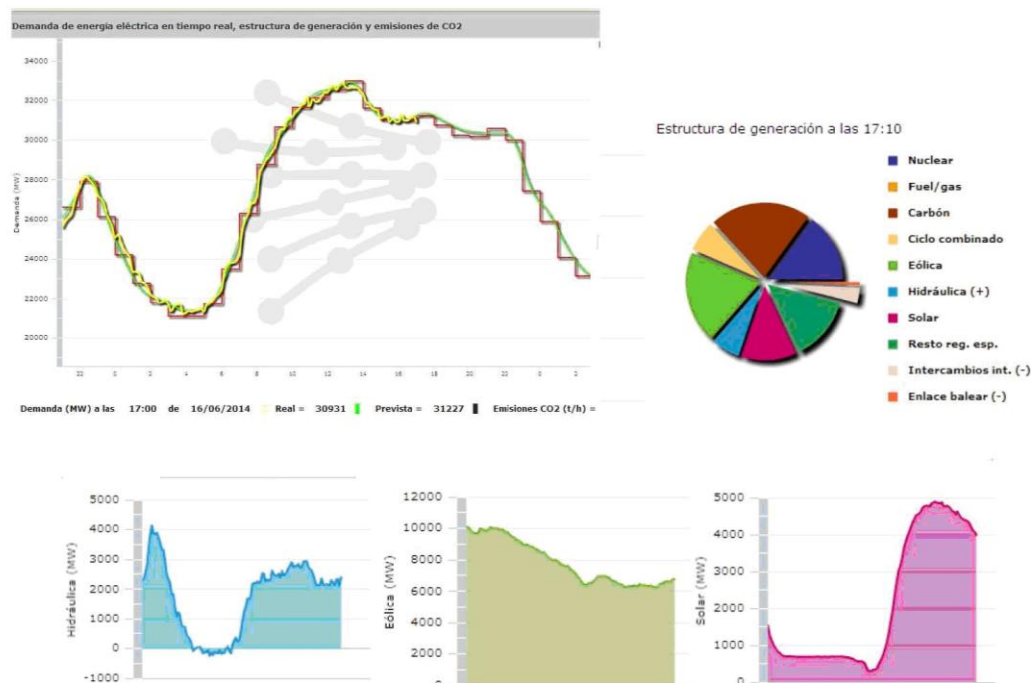


Figura 1. Demanda energética horaria. Comparación de las diferentes tecnologías de producción. (<http://www.ree.es/es/actividades/demanda-y-produccion-en-tiempo-real>)

El presente proyecto describe un aprovechamiento hidroeléctrico reversible que utiliza el embalse ya existente de Matalavilla como depósito inferior, construyendo un depósito superior en una ubicación geomorfológicamente adecuada en el macizo montañoso que conforma el margen izquierdo del río Salentinos. Se pretende dotar al sistema de capacidad para 10 horas de turbinación a máximo caudal mediante la instalación de 450MW de potencia (en turbinación a caudal máximo) en dos grupos.

El salto ha de situarse, según los estudios previos, entre las cotas 1610 y 910 msnm, salvo cambios, derivados del estudio de alternativas, en la ubicación del depósito superior. En caso de modificación del salto, se variará el caudal para conseguir mantener inalterada la potencia instalada.

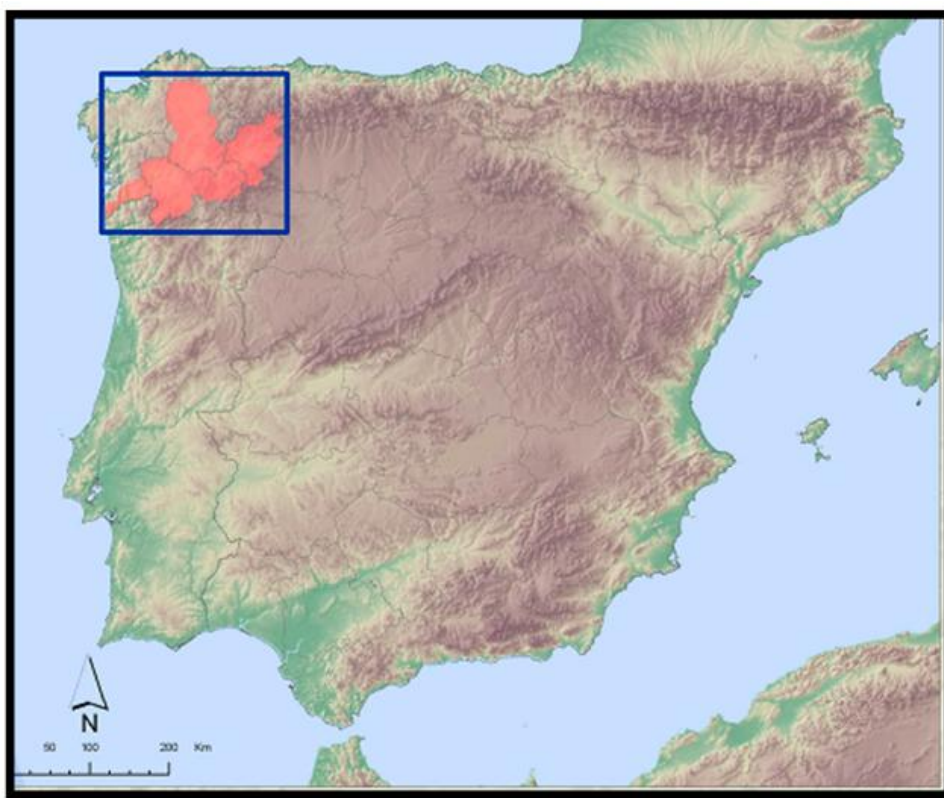


### 3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El conjunto de las obras se sitúan en el término municipal de Páramo de Sil, en la provincia de León. La provincia de León tiene una extensión de 15.581 km<sup>2</sup>, una población de 500.169 habitantes y una densidad de 32,07 hab/km<sup>2</sup>.

Páramo de Sil es un municipio y localidad perteneciente a la comarca de El Bierzo. El municipio está situado a la orilla del río Sil, en la parte más septentrional de El Bierzo, limitando al norte con Asturias, al este con Palacios del Sil, al sur con Toreno, Fabero, Noceda del Bierzo e Igüeña y por el oeste con Peranzanes.

El municipio de Páramo del Sil tiene un área de 190,17 km<sup>2</sup> con una población de 1.550 habitantes (INE 2007) y una densidad de 8,15 hab/km<sup>2</sup>.



*Figura 2. Situación de la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil*

El embalse de Matalavilla (embalse inferior del conjunto de las obras) se sitúa en el valle del río Valseco, afluente del Sil.

El río Sil es el principal afluente del río Miño, y está administrado por la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil, en el sistema Sil Superior.

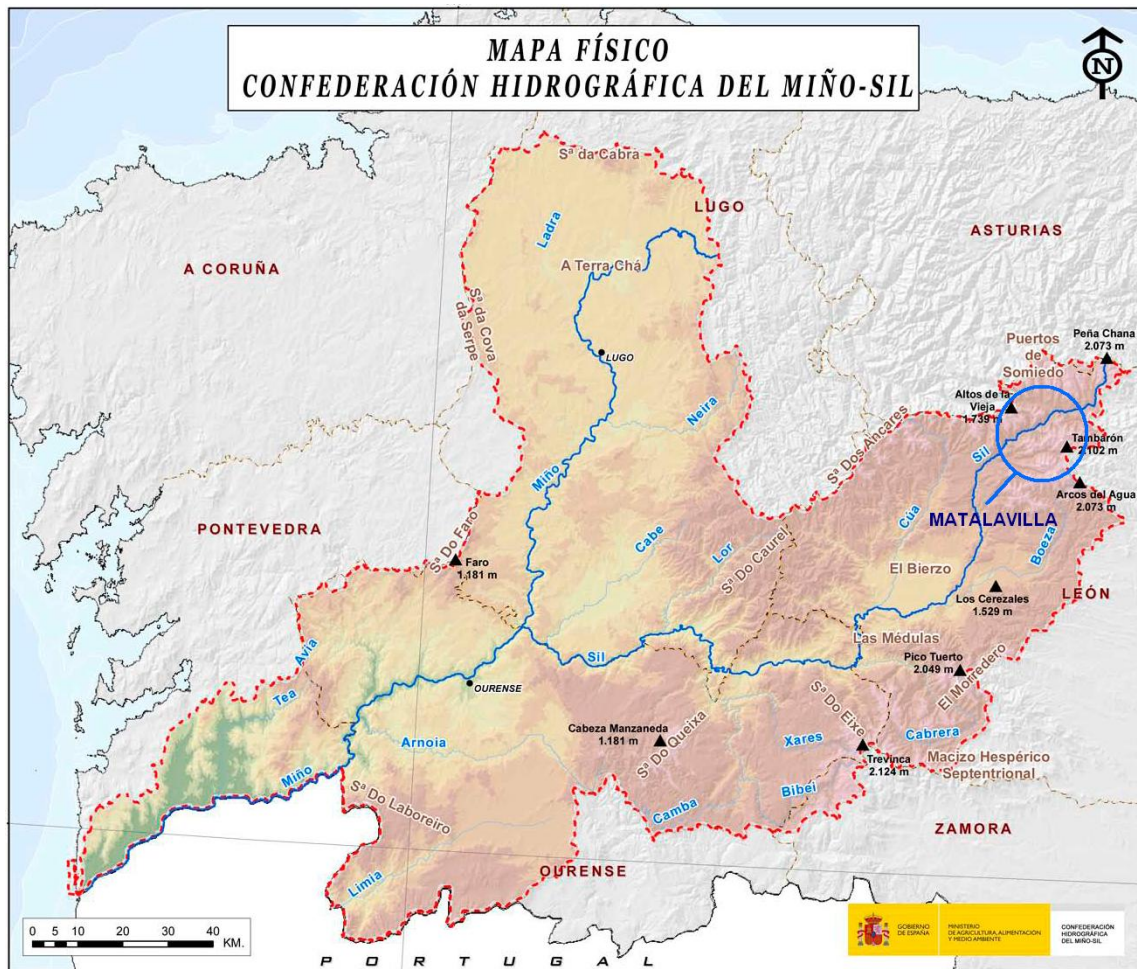


Figura 3. Delimitación de la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil

## 4. INFRASTRUCTURAS EXISTENTES

El embalse de Matalavilla (que actuará como depósito inferior en el proyecto) está situado en el valle del río Valseco, afluente del Sil, y se encuentra en el término municipal de Páramo de Sil, provincia de León.

La presa que genera el embalse es de tipo bóveda, de 240 m de coronación, con una altura de 115 m desde cimientos y un volumen de hormigón de 170.000 m<sup>3</sup>. La presa cuenta con un desagüe de fondo en cota 880,50 msnm, que proporciona un caudal máximo de 89 m<sup>3</sup>/s. El aliviadero, situado en el margen derecho, dispone de dos compuertas tipo Taintor, disponiendo de una capacidad de alivio de 252 m<sup>3</sup>/s. La capacidad de almacenamiento generada alcanza un volumen máximo de 65 Hm<sup>3</sup> y un volumen útil de 59 Hm<sup>3</sup>, explotándose entre las cotas 960,00 y 910,00 msnm.

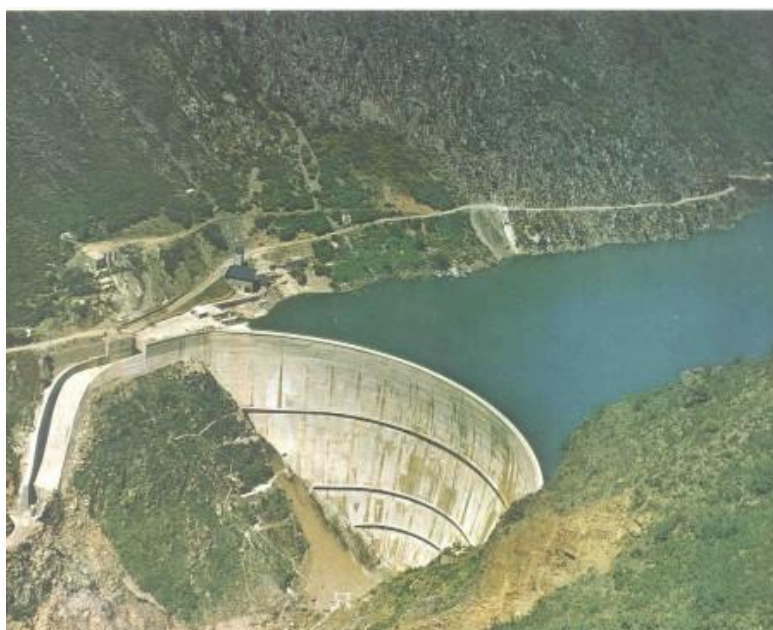
El embalse regula los caudales turbinados en la Central hidroeléctrica de Ondinas, que restituye los caudales en el río Sil. Desde el embalse de las Rozas, en el río Sil, se alimenta el de Matalavilla a través de una conducción subterránea de 11,1 km de longitud, el cual restituye en el embalse de Matalavilla en cota 920,62 msnm, siendo capaz de transportar hasta un máximo de 31 m<sup>3</sup>/s. A esta misma conducción aportan caudal las captaciones de los arroyos Durria, Seita y Matalavilla, que son cruzados subterráneamente. También se alimenta al embalse desde el río Salentinos, paralelo al Valseco por el margen izquierdo, a través de una captación y una conducción subterránea. Por último el embalse aprovecha la propia cuenca del Valseco, pero su escasa superficie (58 km<sup>2</sup>) y sus características hidrogeológicas hacen que esta aportación sea poco significativa.

La captación en el embalse es de planta semicircular, con una radio exterior de 7,18 m, y con una altura de 11 m, conformándose un entramado en el que sitúan las rejas de protección. Este emboquille se encuentra excavado en el pie de la ladera, protegido por diversos muros de contención. Tras una transición hidrodinámica se inicia la conducción en presión, con cota de generatriz inferior 904,20 msnm en su inicio. La galería cuenta con un diámetro útil de 4,90 m. A 80 m de su inicio se sitúa la torre de compuertas, a la que se accede desde la cota 960,00 msnm, por lo que tiene una altura de 56 m. Desde este punto la galería continúa con una pendiente suave entre el 0,004% y el 0,9%, encontrándose la chimenea de equilibrio a 1.270 m de su inicio. Esta chimenea consiste en una gran cámara de expansión con planta en L, excavada en la roca.

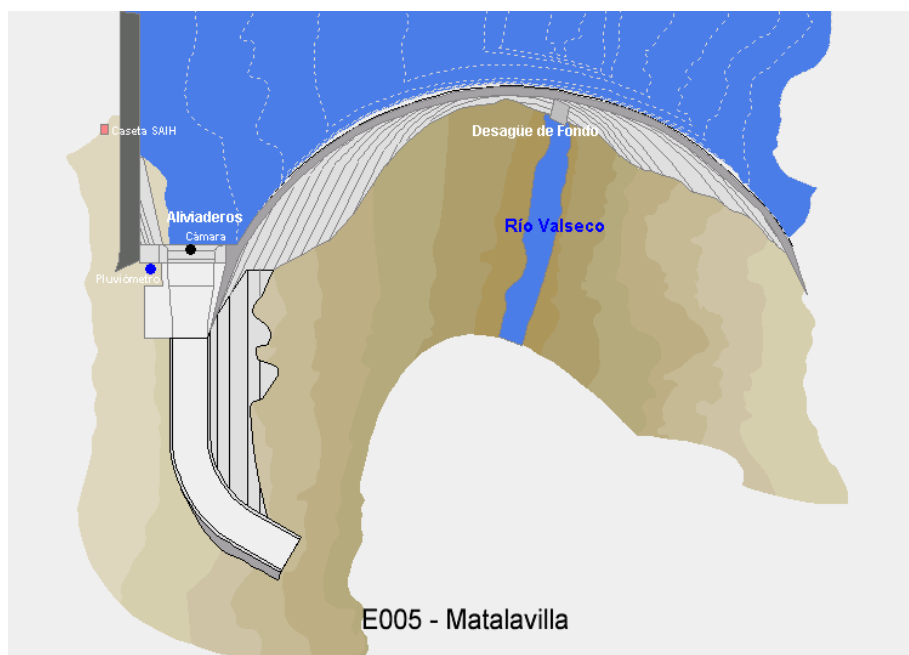
Aguas abajo de la conexión con la chimenea se inicia un cambio de pendiente, pasando ésta al 80%, descendiendo hasta la cota 792,10 msnm donde la conducción recupera la horizontalidad. El tramo en alta presión tiene una longitud en proyección

de 343 m hasta la casa de máquinas, donde las turbinas sitúan su eje en la cota 793,6 msnm, restituyendo los caudales turbinados al pequeño embalse del azud de Ondinas, en el río Sil, cuyos niveles de explotación se sitúan entre las cotas 802,30 y 797,50 msnm, y que deriva caudales hacia la Central de Peñadrada.

Considerando los niveles de explotación de ambos embalses, el salto bruto oscila entre los 162 m y los 107,7 m. Con un caudal de 60 m<sup>3</sup>/s, la CH de Ondinas dispone de una potencia instalada de 83,5 MW.



*Figura 4. Fotografía del embalse de Matalavilla*



*Figura 5. Esquema de la presa de Matalavilla (del SAIH del Miño-Sil <http://saih.chminosil.es/index.php?url=/datos/ficha/estacion:E005/area:recibir>)*

## 5. CONDICIONANTES

### 5.1. Cartografía y topografía

En el presente proyecto, la cartografía básica empleada en los diferentes estudios asociados a su realización ha sido:

- Cartografía topográfica a escala 1:50.000 proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional en su “Mapa Topográfico Nacional de España (MTN50)”.
- Mapas geológicos a escala 1:50.000 proporcionados por el Instituto Geológico y Minero de España en el “Mapa Geológico de España, 2ª Serie (MAGNA)”. Hojas 101 y 127.
- Mapa geotécnico a escala 1:200.000 proporcionados por el Instituto Geológico y Minero de España en el “Mapa Geotécnico General”. Hoja 9.
- Cartografía de la confederación hidrográfica del MIÑO-SIL a escala 1:170.000.
- Cartografía topográfica a escala 1:5000 proporcionada por La Infraestructura de Datos Espaciales de Castilla y León (IDECyL).

### 5.2. Climatología e hidrología

El embalse de Matalavilla está rodeado de montañas de gran desnivel y altitudes elevadas como el pico de Valdeiglesias con 2.136 m, o el cercano Catoute con 2.112 m, los cuales forman una orla montañosa que funciona como barrera climática, frenando la influencia atlántica en el resto del Bierzo dónde el microclima tiene características mediterráneas. Debido a lo anterior, en el municipio se disfruta de un microclima templado típico berciano determinado por las influencias atlántica y mediterránea continental.

De modo general, el clima se define por unos inviernos fríos y veranos ligeramente calurosos y poco secos. Concretamente en el pueblo de Matalavilla (pequeña población de 55 habitantes situada en uno de los márgenes del embalse) durante los meses más cálidos la temperatura media es de 23,40 °C y en los meses más fríos la temperatura media es de -2,10 °C. La época de heladas puede llegar a extenderse durante 9 meses al año, las precipitaciones medias anuales son de 1.300 mm y la duración media del periodo seco abarca unos 2 meses y medio.



El embalse de Matalavilla forma parte del sistema hidroeléctrico del Alto Sil. El agua embalsada aguas debajo de Villablino, en el embalse de Las Rozas, cuya presa eleva la cota máxima del agua a 959,50 msnm, se transporta mediante un túnel de 11 km hasta el embalse de Matalavilla, situado a cota similar. Desde este embalse, localizado en el valle del río Valseco, el agua se lleva mediante otro túnel a la central hidroeléctrica de Las Ondinas, situada ya en el valle del Sil. Allí se aprovecha el elevado gradiente y potencial para generar electricidad. El sistema de conducción de Las Rozas-Matalavilla capta agua de los arroyos afluentes del Sil por su margen izquierdo (Durria, La Seita y Matalavilla). Además, el embalse de Matalavilla recibe casi íntegramente el caudal del río Salentinos y el río Valseco en su totalidad.

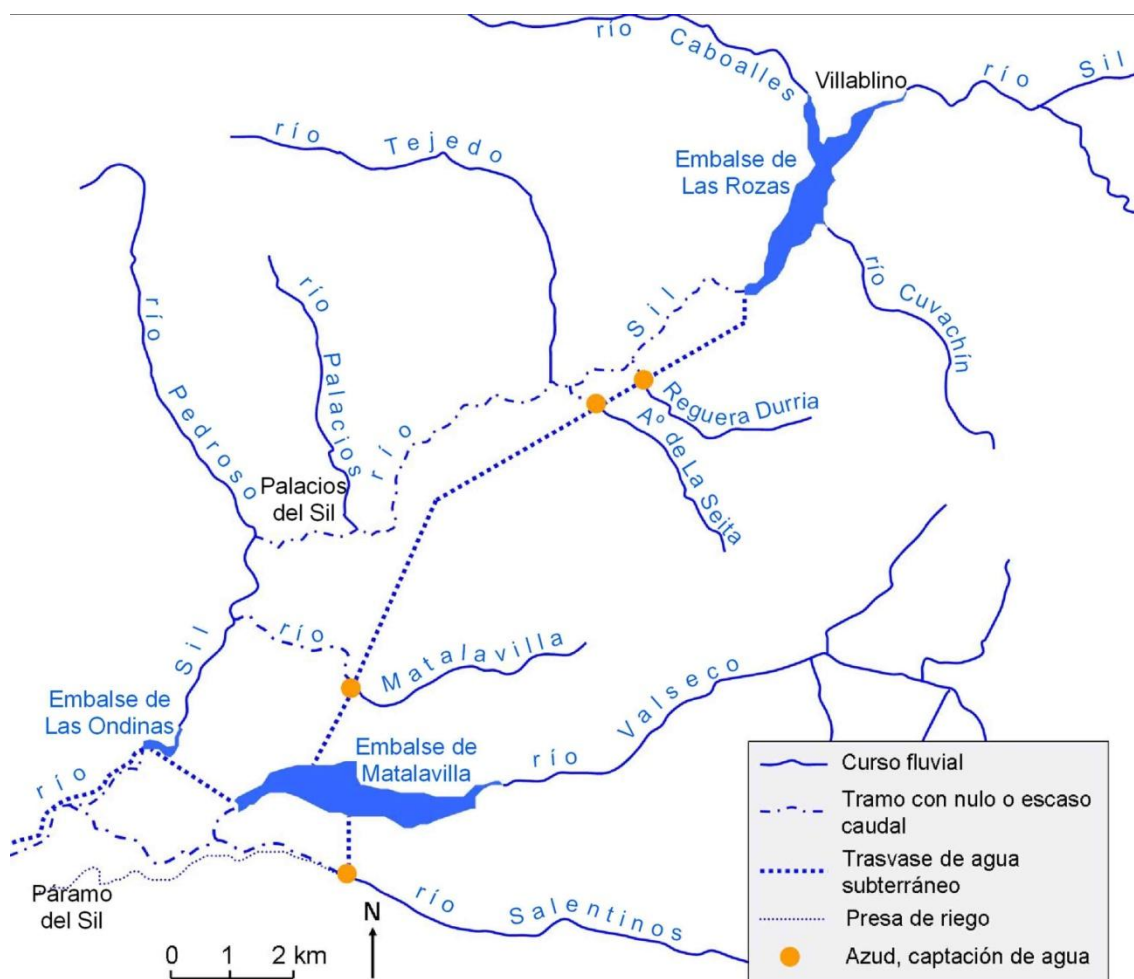


Figura 6. Mapa del sistema hidroeléctrico del Alto Sil  
(<http://geopage.unileon.es/el-embalse-de-matalavilla-el-valle-del-río-valseco/>)

Dado que el embalse de Matalavilla recibe aportaciones hídricas del trasvase de Las Rozas y de la misma cuenca en la que se encuentra ubicado, la cuenca del río Valseco, las aportaciones totales al embalse de estudio serán la suma de ambas.

La cuenca del río Valseco cuenta con una superficie de 58 km<sup>2</sup> y una pluviometría media de 1.280 mm, proporcionando unas aportaciones de 45,2 Hm<sup>3</sup>/año (período 1999 – 2009) lo que supone un caudal medio de 1,43 m<sup>3</sup>/s.

#### Aportaciones cuenca Valseco

	Aportaciones Hm <sup>3</sup> /año	Q medio m <sup>3</sup> /s
1999	32.40	1.03
2000	55.64	1.76
2001	74.23	2.35
2002	34.47	1.09
2003	43.80	1.39
2004	22.26	0.71
2005	17.73	0.56
2006	63.89	2.03
2007	68.77	2.18
2008	33.56	1.06
2009	50.35	1.60
<b>Media</b>	<b>45.19</b>	<b>1.43</b>

*Tabla 2. Aportaciones y caudales medios provenientes de la cuenca del Valseco*

Desde el embalse de Las Rozas, situado en el río Sil, con una cuenca vertiente de 345,8 km<sup>2</sup> y una pluviometría media de 1.246 mm, se trasvasan anualmente 294 Hm<sup>3</sup> al año, que equivale a un caudal de 9,33 m<sup>3</sup>/s (período 1999 – 2009). Como se puede observar este trasvase es el principal aportante al embalse de Matalavilla.

#### Aportaciones trasvase Las Rozas

	Aportaciones Hm <sup>3</sup> /año	Q medio m <sup>3</sup> /s
1999	352.37	11.17
2000	317.25	10.06
2001	229.01	7.26
2002	281.37	8.92
2003	338.17	10.72
2004	328.70	10.42
2005	247.64	7.85
2006	258.55	8.20
2007	280.74	8.90
2008	237.43	7.53
2009	363.75	11.53
<b>Media</b>	<b>294.09</b>	<b>9.33</b>

*Tabla 3. Aportaciones y caudales medios provenientes del trasvase de Las Rozas*

Las aportaciones totales con las que cuenta el embalse son 339,3 Hm<sup>3</sup>/año. Es decir 10,74 m<sup>3</sup>/s.

#### Aportaciones totales Matalavilla

	Aportaciones Hm <sup>3</sup> /año	Q medio m <sup>3</sup> /s
1999	384.77	12.20
2000	372.89	11.82
2001	303.24	9.62
2002	315.83	10.01
2003	381.97	12.11
2004	350.95	11.13
2005	265.36	8.41
2006	322.44	10.22
2007	349.50	11.08
2008	270.99	8.59
2009	414.10	13.13
<b>Media</b>	<b>339.28</b>	<b>10.76</b>

Tabla 4. Aportaciones y caudales medios totales de Matalavilla.

### 5.3. Geología y geotecnia

El área de desarrollo del salto está situada, geológicamente, en la zona Asturoccidentalleonesa, correspondiente a una de las unidades en que se ha dividido el macizo hercínico de la Península Ibérica, diferenciada paleogeográfica y estructuralmente.

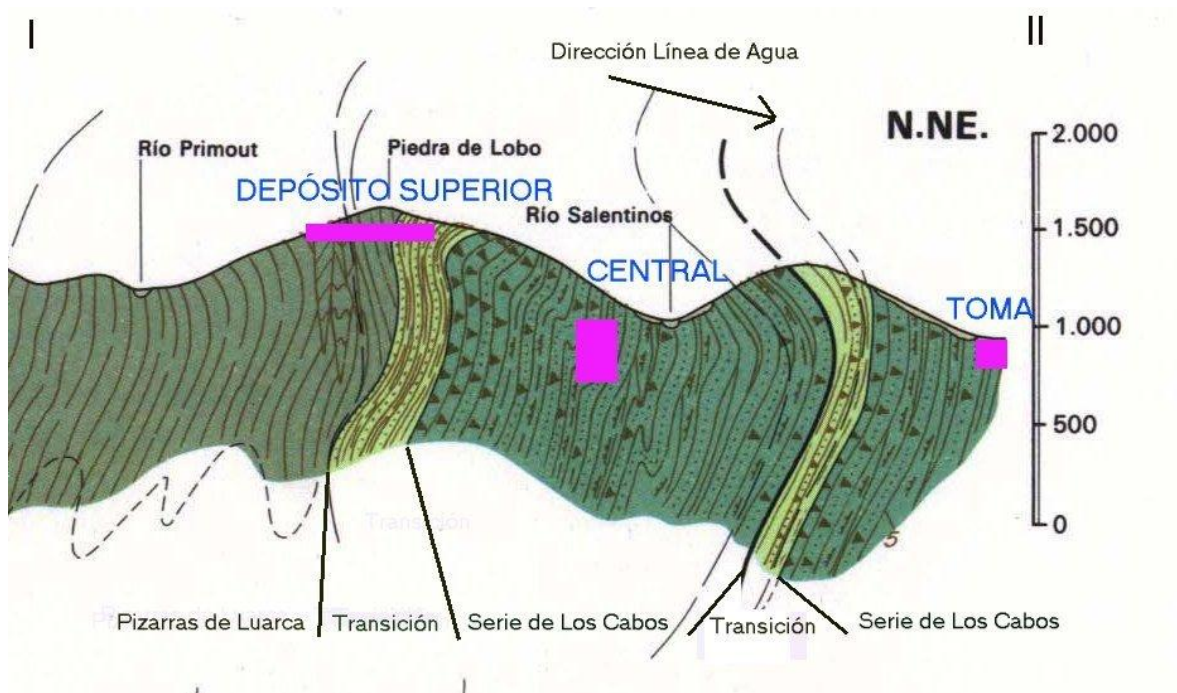
Los materiales más influyentes en el proyecto son la Serie de Los Cabos, las Capas de Transición y las Pizarras de Luarca. El resto son básicamente materiales cuaternarios, aluviales y de ladera, de poca cohesión, que deberán retirarse.

- Cámbrico Medio-Ordovícico Inferior (Serie de Los Cabos). Es una potente sucesión detrítica que se caracteriza por una alternancia de cuarcitas y pizarras, predominando las primeras. El límite inferior lo marcan las calizas y el límite superior las capas de transición de las pizarras de Luarca.
- Ordovícico Inferior-Medio (capas de transición). Entre las cuarcitas de la serie de Los Cabos a las pizarras de Luarca, aflora una serie de transición gradual de la inferior a la superior. Está formada una alternancia de pizarras negras, cuarcitas blancas y pizarras con estratos de arenisca hacia su techo.



- Ordovícico Medio (pizarras de Luarca). Se presenta como una sucesión potente y homogénea de pizarras negras lustrosas y de grano fino con pirita cristalizada en cubos más que en nódulos, que meteorizada se altera a limonita.

Los materiales descritos forman la estructura en arco de la zona Asturoccidental-leonesa de orientación en la zona ESE-WNW en pliegues apretados y verticalizados, tanto normales como invertidos, con cabalgamientos de arrastre de anticlinales y sinclinales de elevadas potencias.



*Figura 7. Corte geológico del tramo de las obras dónde se aprecia la disposición de los materiales geológicos*

En el Anejo 1 de Estudio Geológico se adjunta el informe geológico dónde se estudia detenidamente la presencia y características de los diversos materiales descritos, así como su incidencia sobre las instalaciones proyectadas.

## **6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

Las diferencias esenciales desde el punto de vista de la obra civil entre una central reversible y un aprovechamiento convencional radican en que en la primera se invierte la dirección del flujo entre la turbinación y el bombeo y necesita embalses en la toma y en la descarga para almacenar el volumen de agua utilizado. Cuando el embalse superior carece de aportaciones propias hablamos de una central reversible de bombeo puro. Éste tipo de centrales suelen ser instalaciones de gran capacidad, siendo poco habituales las plantas con una potencia instalada menor que 300 MW.

Para la construcción de un aprovechamiento hidroeléctrico reversible de éste tipo es necesario disponer de un volumen mínimo de agua en una zona donde se puedan ubicar depósitos o embalses a una distancia lo más reducida posible y con el mayor desnivel entre ellos. Estas condiciones permiten minimizar el coste de las conducciones y aumentar los rendimientos globales del ciclo energético. Además, es necesaria la existencia de líneas de alta tensión en las proximidades para poder operar con la energía consumida y generada por el proyecto.

Teniendo en cuenta estos condicionantes, vamos a realizar un estudio de emplazamiento de las diferentes partes del proyecto ya que existen diversas alternativas para la ubicación del depósito superior así como para el trazado de la tubería forzada que conectará el embalse superior con el de Matalavilla. A continuación se resumen los pasos que han conducido a la solución adoptada, considerando diversas opciones para cada uno de los elementos que forman el circuito del aprovechamiento reversible.

El Anejo 2 de Estudio de Alternativas, explica con mayor detalle las diferentes alternativas estudiadas y argumenta los motivos de elección de la solución final.

### **6.1. Embalse superior**

#### **6.1.1. Ubicación**

Para seleccionar la mejor ubicación del embalse superior se deben tener en cuenta una serie de premisas:

- Proporcionar la capacidad de embalse buscada con una variación de nivel no demasiado amplia.
- Obtener un desnivel de importancia, a poder ser de 400 y 500 m o más.

- Suficiente proximidad horizontal entre el embalse inferior y el superior, de manera que la relación entre la longitud de la conducción y el desnivel utilizado sea inferior a 5.
- Existencia de unas condiciones geológicas adecuadas para la construcción de las presas de embalse y de las obras subterráneas (túneles, pozos en presión y cavernas).
- Evitar problemas medioambientales de solución complicada o costosa.

Esta última premisa será la que nos condicione de manera importante la selección de la ubicación del embalse superior ya que la zona de estudio, en el municipio de Páramo del Sil, se encuentra rodeada por los límites declarados del **espacio natural protegido del Alto Sil**, perteneciente a la Red de espacios naturales protegidos de Castilla y León, que a su vez se encuentra considerado como LIC (Lugares de Interés Comunitario) y ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves).

Siendo la cota mínima de explotación del embalse de Matalavilla (embalse inferior) de 910 m (ver Anejo de Producciones), para hallar el desnivel adecuado (400 – 500 m o más) y teniendo en cuenta las zonas de espacio natural protegido, tan solo se estudiarán las dos ubicaciones que se muestran en la siguiente figura.

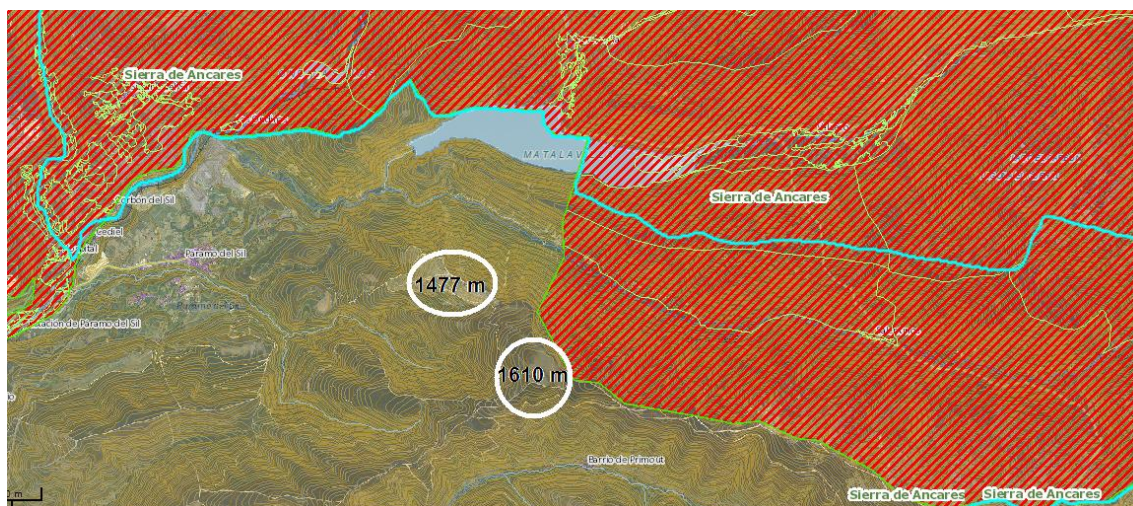


Figura 8. Zonas de Protección Especial y posibles ubicaciones de estudio. Visor de la Junta de Castilla y León (<http://www.idecyl.jcyl.es/hac/6/VCIG/Login.ini>)

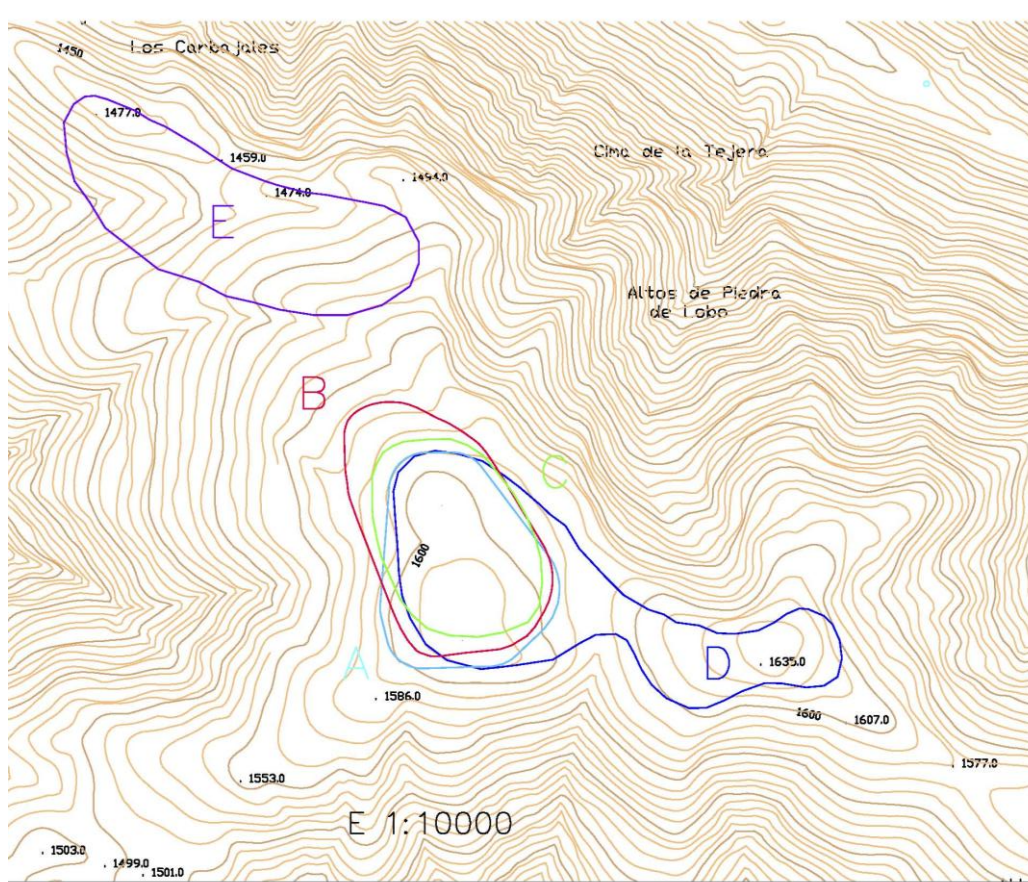
Los emplazamientos de estudio corresponden a Los Carbajales, a 1477 msnm, y al paraje de La Campona, a 1610 msnm en los Altos de Piedra de Lobo.



### 6.1.2. Forma del embalse superior

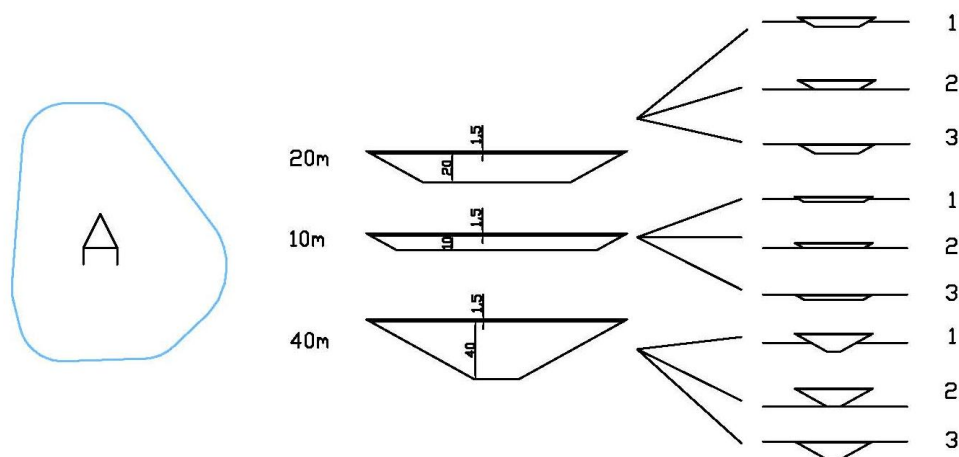
Se han descartado varias posibles ubicaciones por motivos ambientales y otras por motivos de cota, por lo que únicamente se estudiarán dos posibles emplazamientos. A continuación se procederá a diseñar el embalse con una geometría óptima que permita conseguir un volumen de almacenamiento aceptable y que equilibre al máximo excavación y terraplenado, buscando la mejor adaptación posible al terreno.

Como se puede observar en la figura siguiente, la balsa E corresponde a la zona de Los Carbajales (1477 msnm) y las balsas A, B, C y D, a la zona del paraje de La Campona (1610 msnm).



*Figura 9. Alternativas de diseño en planta del embalse superior*

Con el objetivo de optimizar el movimiento de tierras y el coste de la impermeabilización de la balsa para cada diseño en planta A, B, C y D, se han estudiado tres alternativas relativas al volumen de almacenaje. Una para obtener un calado de agua de 20 m, la segunda de 10 m y la tercera de 40 m. Seguidamente, para cada una de estas tres alternativas, se han realizado tres alternativas más en función de la cota del fondo del embalse en relación al terreno natural. En total serán nueve variantes para cada una de las alternativas en planta A, B, C, D y E.



*Figura 10. Nomenclatura de las alternativas de diseño para el embalse superior (en sección)  
Ejemplo del embalse A*

Mediante las aplicaciones informáticas *AutoCad Civil 3D 2012* y *Landesktop 2009*, se han dibujado las diferentes 39 alternativas y se han calculado los diferentes parámetros, tales como volúmenes de desmonte y terraplén, máximo volumen de agua almacenable y superficie de impermeabilización, para poder realizar un sencillo estudio económico y hallar el ratio **Coste balsa / Hm<sup>3</sup> agua almacenada**. Los ratios más pequeños serán los que, en principio, nos darán la solución óptima. De todos modos hay que considerar qué potencia nos producirán los diferentes volúmenes de embalse resultantes. Podría ocurrir que el ratio más pequeño corresponda a un embalse de dimensiones también pequeñas que resulte insuficiente en términos de productividad energética, y sería, por lo tanto, más interesante elegir un diseño algo menos óptimo en cuanto a costes iniciales, pero con capacidad suficiente para producir unos valores de energía adecuados (a partir de los 300 MW) posiblemente más óptimos a la hora de amortizar el coste total del proyecto.

En la tabla siguiente se puede observar un extracto de los diseños con ratios más óptimos de la clasificación.

Clasificación	millones €	Volumen de agua (m3)	millones€/hm3 agua
<b>A-20.1</b>	<b>14,24</b>	<b>2,76E+06</b>	<b>5,17</b>
C-20.1	13,08	2,37E+06	5,51
C-10.1	7,77	1,30E+06	5,97
<b>D-20.1</b>	<b>29,25</b>	<b>4,35E+06</b>	<b>6,72</b>
B-40.1	40,92	5,77E+06	7,10

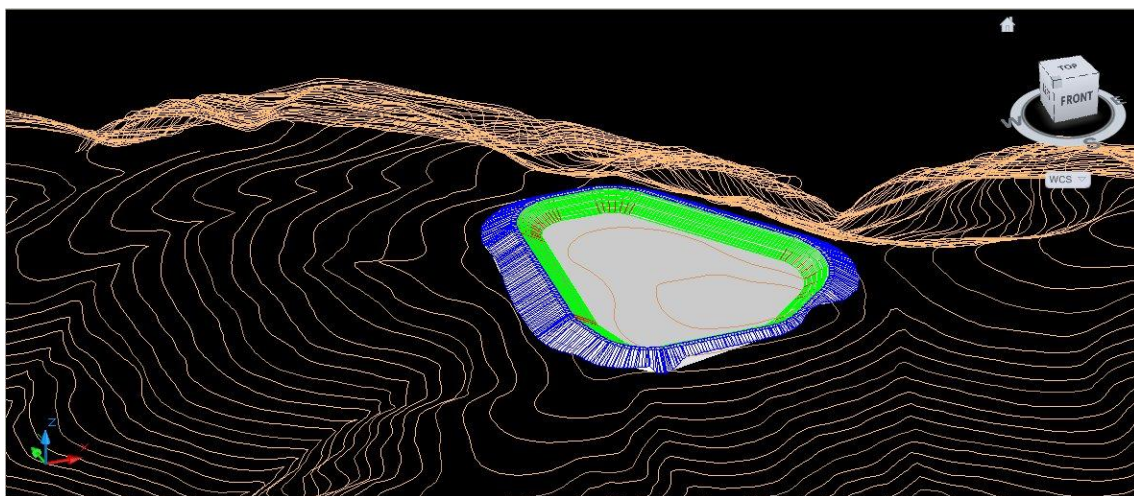
Tabla 5. Clasificación diseños embalse superior

Descartadas el resto de variantes según los criterios de mínimos anteriormente expuestos, se estudiarán las balsas **A-20.1** y **D-20.1** por ser las de diseño más económico y tener la capacidad suficiente para proporcionar un potencial adecuado para este tipo de aprovechamientos (más de 300 MW). Estos dos diseños de embalse superior son pues los que tendremos en cuenta a la hora de efectuar el resto de cálculos del proyecto (dimensionamiento de tubería forzada, de turbo-bomba, túneles, pérdidas, etc.) hasta llegar al presupuesto del coste final, y poder comparar, mediante un estudio de rentabilidad, ambas alternativas, eligiendo finalmente la más rentable y que suponga un riesgo de inversión menor.

En los siguientes Anejos de cálculo del proyecto denominaremos a las dos alternativas:

A-20.1 → Alternativa A  
D-20.1 → Alternativa B

Alternativa A (A-20.1). Cotas: 1610 – 1588,5. Ratio: 5,17 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua.





Alternativa B (D-20.1). Cotas: 1610 – 1588,5. Ratio: 6,72 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua.

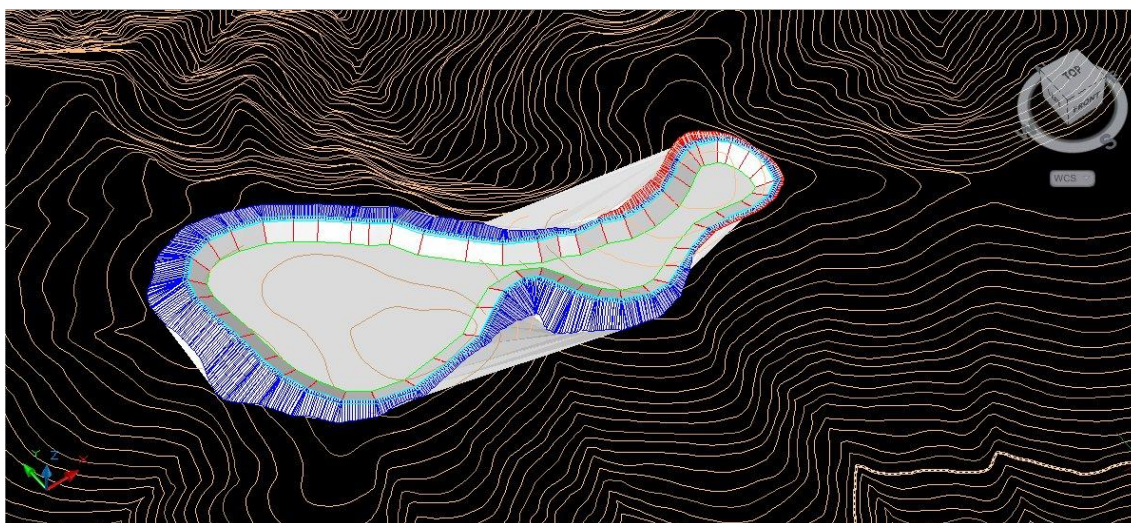


Figura 11. Representaciones 3D de las Alternativas A y B de embalse superior

Sus características principales son:

Alternativa A (A-20.1)	Alternativa B (D-20.1)
Volumen: 2,7 Hm <sup>3</sup>	Volumen: 4,3 Hm <sup>3</sup>
Horas turbinación: 10 h	Horas turbinación: 10 h
Caudal turbinación: 75 m <sup>3</sup> /s	Caudal turbinación: 119,4 m <sup>3</sup> /s
Horas bombeo: 14 h	Horas bombeo: 14 h
Caudal bombeo: 53,6 m <sup>3</sup> /s	Caudal bombeo: 85,3 m <sup>3</sup> /s
Potencia: 450 MW	Potencia: 715 MW
Salto: 663,5 m	Salto: 663,5 m

Tabla 6. Características principales Alternativas A y B

En el Anejo 2 de Estudio de Alternativas se justifican los cálculos realizados el estudio de balsas explicado en este apartado.

### 6.1.3. Impermeabilización del embalse

Se van a estudiar tres opciones diferentes de impermeabilización del depósito superior. En el Anejo 2 de Estudio de Alternativas se describen y se explican sus ventajas e inconvenientes así como la opción finalmente adoptada.

Alternativa PEAD: La impermeabilización se realiza mediante un fieltro geotéxtil y una lámina de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) impermeabilizante.

Alternativa ASFALT: En esta opción la impermeabilización del embalse se realiza mediante hormigón asfáltico.

Alternativa HORMIGÓN: Aquí la impermeabilización se realiza con hormigón (unos 20 cm de espesor) y su correspondiente armadura.

A continuación se muestra el resumen de los costes económicos de cada alternativa planteada. Con diferencia, la Alternativa PEAD es la más económica y la ASFALT la más costosa. En el Apéndice 3 del Anejo de Estudio de Alternativas se muestra la hoja de cálculo completa de la justificación económica de los costes de las diferentes alternativas.

	millones €	millones€/ hm <sup>3</sup> agua	Sobrecostes
A(PEAD)	14,241	5,167	
A(ASFALT)	25,022	9,079	75,71%
A(HORMIGÓN)	19,210	6,970	34,89%
B(PEAD)	29,251	6,718	
B(ASFALT)	49,116	11,279	67,91%
B(HORMIGÓN)	32,094	7,370	9,72%

*Tabla 7. Precios de las Alternativas de Impermeabilización del embalse superior*

Para hallar la solución adoptada se ha realizado un estudio multicriterio:

Aspectos técnicos	Puntuación máxima	Alternativa PEAD	Alternativa ASFALT	Alternativa HORMIGÓN
Impermeabilidad	3	2,5	2	1,5
Capacidad para absorber asientos diferenciales en embalse	2,5	2,5	1,5	1
Durabilidad	2	1	1,5	2
Vulnerabilidad	2,5	1	1,5	2,5
TOTAL	10	7	6,5	7



Aspectos económicos	Puntuación máxima	Alternativa PEAD	Alternativa ASFALT	Alternativa HORMIGÓN
TOTAL	10	9,5	4	7

	Aspectos técnicos (40%)	Aspectos económicos (60%)	Puntuación total
Alternativa PEAD	2,8	5,7	<b>8,5</b>
Alternativa ASFALT	2,6	2,4	5,0
Alternativa HORMIGÓN	2,8	4,2	7,0

**SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa PEAD**

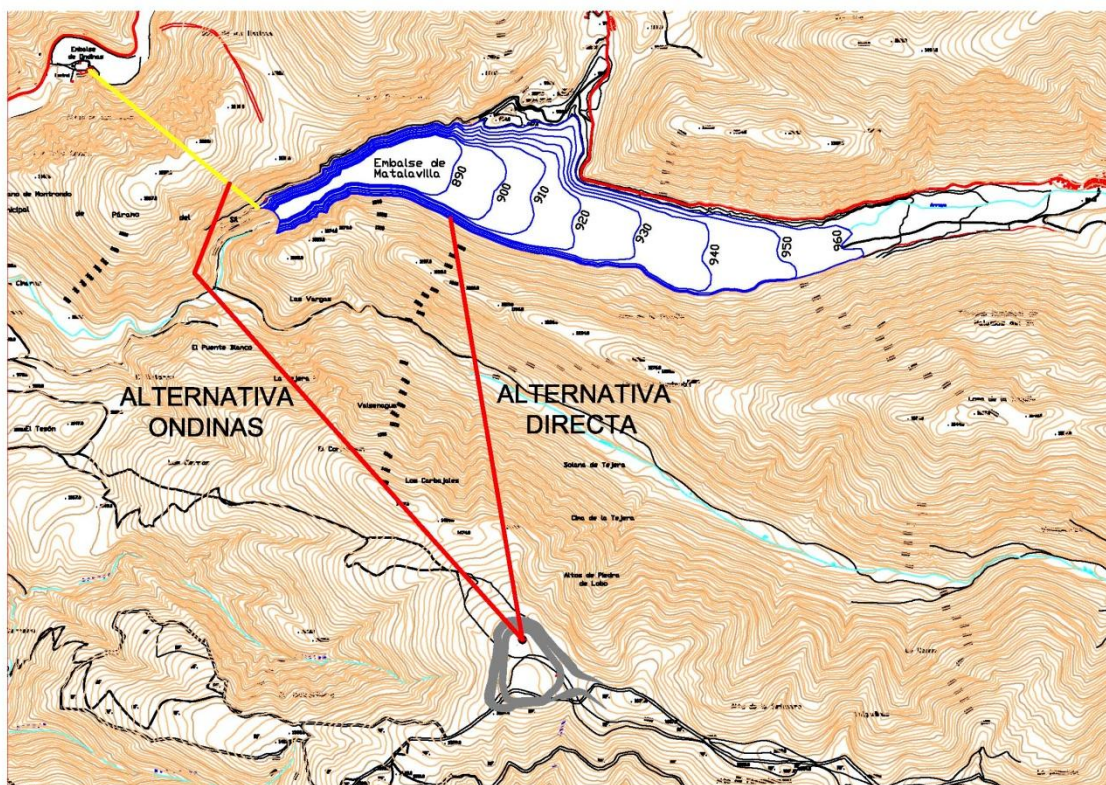
## **6.2. Tubería forzada**

### **6.2.1. Trazado y toma en el embalse inferior**

Tras seleccionar en el apartado anterior la posición, forma y materiales del embalse superior, se plantean dos variantes para el trazado en planta de la tubería que conectará el embalse superior con el inferior de Matalavilla.

En la primera variante (Alternativa DIRECTA) se construye una toma directa en el embalse de Matalavilla. En la segunda (Alternativa ONDINAS), se proyecta la conexión con la galería de presión de la central hidroeléctrica de Ondinas (aguas abajo del embalse de Matalavilla).

La primera variante, DIRECTA, proyecta la toma del aprovechamiento, según la batimetría aproximada, donde la toma quede sumergida cuando el nivel del embalse esté en el mínimo para su explotación. Siendo la altura de la embocadura de la toma de unos 10 m aproximadamente, para que la toma quede sumergida se debería situar a una cota de fondo como mínimo de 900 msnm, tal y como se muestra en la figura siguiente.



*Figura 12. Alternativas de trazado de tubería y toma en el embalse inferior*

La segunda variante supone un circuito hidráulico de mayor longitud, pero permite ubicar la central en un edificio exterior, frente a la central en caverna de la Alternativa DIRECTA. Esta solución tan solo se plantea por permitir una menor afectación a la explotación del embalse en fase de construcción, ya que ahorraría la construcción de una nueva toma en el embalse de Matalavilla aprovechando la toma ya existente de la C.H. de Ondinas. De este modo tan solo se requiere la construcción de un emboquille que conecte el final de la galería de baja presión del A.H. del presente proyecto con la conducción de la C.H. de Ondinas. La conducción que conecta el embalse de Matalavilla con la C.H. de Ondinas tiene un diámetro útil de 4,9 m. En el Anejo de Cálculos Hidráulicos se dimensionan las tuberías para cada alternativa A y B, siendo de 4,5 m y 5,5 m de diámetro respectivamente. Es por eso que la Alternativa ONDINAS sólo se podrá contemplar para la Alternativa A de embalse, pero no para la Alternativa B, debido a que el diámetro dimensionado para la conducción de esta última es demasiado grande y no se podría adaptar al de la conducción de la C.H. de Ondinas.

En la tabla siguiente se muestran las estimaciones de inversiones para cada alternativa.

Estudio de alternativas Trazado	Alternativa DIRECTA	Alternativa ONDINAS
Embalse superior	19000	19000
Toma superior	1800	1800
Galería alta presión	62000	120000
Central	26000	20800
Galería baja presión	27000	15000
Toma inferior	4000	1500
Equipos electromecánicos	60000	60000
Equipos eléctricos	8000	8000
Equipos auxiliares	1200	1200
SET (subestación transformadora)	9000	8500
Automatismos y control	8600	8600
Línea de evacuación	5500	4900
Accesos	15600	0
<b>Sutotal</b>	<b>247700</b>	<b>269300</b>
Imprevistos (10%)	24770	26930
Presupuesto de seguridad y salud	460	460
Licencias, impuestos (3%)	7431	8079
Proyectos y Dirección de obra (5%)	12385	13465
<b>Total inversión</b>	<b>292746</b>	<b>318234</b>
Afectación CH Ondinas	3000	500
	<b>295746</b>	<b>318734</b>
#Datos en EUR*1000	<div>48,8GWh</div> <div>6meses</div>	
	<div>8,1GWh</div> <div>1mes</div>	

Tabla 8. Estimaciones de inversiones para las alternativas DIRECTA y ONDINAS de trazado de la tubería

Tal y como se puede observar en la tabla anterior, la Alternativa DIRECTA sigue siendo la más económica con una diferencia de unos 23 millones de euros.

### **SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa DIRECTA**

#### **6.2.2. Trazado de la tubería en perfil (túneles)**

Una vez determinada la posición de los diferentes elementos que integran la central, se pretende determinar cuál es el perfil más conveniente para el circuito hidráulico, el cual está integrado por dos elementos principales: la galería de alta presión, que une la balsa con la caverna, y la galería de baja presión, que une la caverna con el embalse.

Dada la posición relativa de la caverna respecto al embalse, determinada por la sumergencia de la turbo-bomba y la topografía del terreno, la galería de baja presión

no presenta alternativas posibles, a excepción de si su construcción se efectúa con tuneladora o en mina.

Por contra, sí se presentan diversas alternativas al perfil del circuito hidráulico de la galería de alta presión, las cuales se pretenden analizar con el objeto de determinar la solución óptima.

Las alternativas que se analizan son tres.

- **Alternativa 1: Galería construida en mina.** La pendiente máxima para este tipo de construcción se sitúa sobre el 22%, por lo que deberá realizarse un pozo de 400 m de longitud desde la balsa hasta alcanzar el tramo inclinado, el cual conectará con pendiente constante con la caverna. La longitud del circuito hidráulico en alta presión de esta alternativa es de 2.102 m

- **Alternativa 2: Galería construida con tuneladora.** Se pueden adoptar pendientes muy pronunciadas, por lo que se buscará el trazado más corto. La longitud del circuito hidráulico en alta presión de esta alternativa es de 1.832 m

- **Alternativa 3: Tubería exterior.** Esta solución partirá de la balsa y circulará por la ladera hasta casi la vertical de la caverna, desde donde deberá realizarse un pozo vertical de conexión con ésta de unos 125 m de longitud. La longitud total del circuito hidráulico de alta presión de esta alternativa es de 1.885 m.

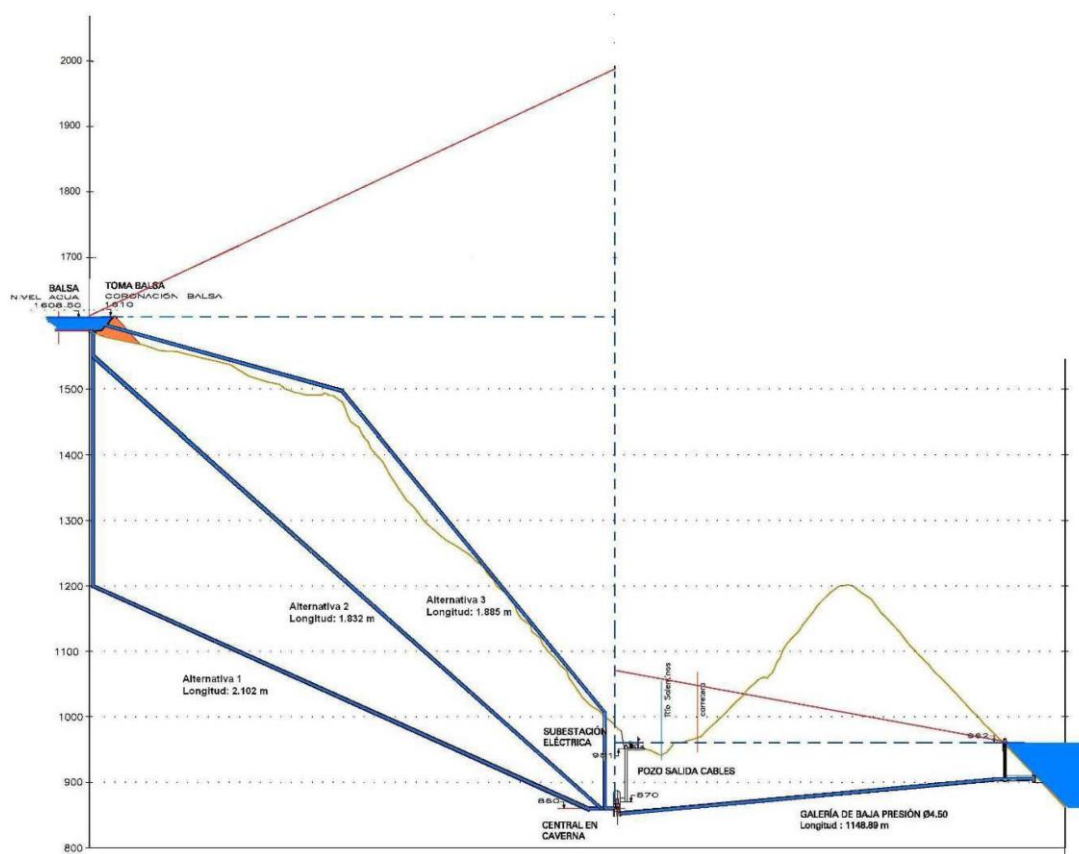


Figura 13. Esquema de alternativas para el trazado en perfil de la tubería

En el Anejo 5 de Estudio de Túneles se ha realizado un cálculo de las sobrepresiones por golpe de ariete a lo largo de la tubería así como de los correspondientes espesores de acero (que dependen de las sobrepresiones) y que serán los que básicamente determinarán los costes de las diferentes alternativas.

A continuación se presenta el resumen de los costes de cada alternativa.

Para la **Alternativa A** de embalse:

Alternativa 1: Galería construida en mina

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	47,24	18,68	65,92 M€
Excavación	8,01	4,91	12,92 M€
Revestimiento	5,99	3,67	9,66 M€
<b>TOTAL</b>	<b>61,24</b>	<b>27,26</b>	<b>88,50 M€</b>

Alternativa 2: Galería construida con tuneladora

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	37,26	18,68	55,93 M€
Tuneladora (incluye excavación, sostenimiento y revestimiento)	34,26	23,97	58,24 M€
<b>TOTAL</b>	<b>71,52</b>	<b>42,65</b>	<b>114,17 M€</b>

Alternativa 3: Tubería exterior

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje (Tubería exterior)	60,58		60,58 M€
Auxiliares tub. Exterior	5,00		5,00 M€
Blindaje (Pozo y enterrada)	4,05	18,60	22,65 M€
Excavación y Sostenimiento	0,47	4,81	5,28 M€
Revestimiento	0,36	3,66	4,01 M€
<b>TOTAL</b>	<b>70,45</b>	<b>27,07</b>	<b>97,52 M€</b>

Para la **Alternativa B** de embalse:

Alternativa 1: Galería construida en mina

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	69,66	22,81	92,47 M€
Excavación	11,10	6,80	17,90 M€
Revestimiento	7,16	4,39	11,55 M€
<b>TOTAL</b>	<b>87,92</b>	<b>34,00</b>	<b>121,92 M€</b>

Alternativa 2: Galería construida con tuneladora

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	52,46	22,81	75,26 M€
Tuneladora (incluye excavación, sostenimiento y revestimiento)	38,59	27,00	65,59 M€
<b>TOTAL</b>	<b>91,05</b>	<b>49,81</b>	<b>140,86 M€</b>



## Alternativa 3: Tubería exterior

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje (Tubería exterior)	88,50		88,50 M€
Auxiliares tub. Exterior	5,00		5,00 M€
Blindaje (Pozo y enterrada)	6,04	22,72	28,76 M€
Excavación y Sostenimiento	0,47	4,81	5,28 M€
Revestimiento	0,36	3,66	4,01 M€
<b>TOTAL</b>	<b>100,37</b>	<b>31,18</b>	<b>131,55 M€</b>

Como se puede observar, la Alternativa 1 de galería construida en mina resulta ser la más económica para ambas alternativas de embalse A y B. El coste de utilización de la tuneladora no se amortiza para una distancia tan pequeña y el coste de la tubería exterior supera el de la galería. Además, hay que valorar el impacto ambiental que la obra exterior supondría.

**SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa 1 Galería en mina**

### 6.3. Solución final de embalse superior tras estudio de rentabilidad

Después de realizar los presupuestos de toda la obra (consultar Documento 3 Presupuesto) para cada una de las alternativas de embalse superior (A y B) se ha realizado un estudio de rentabilidad (consultar Anejo 12 de Estudio de Rentabilidad) para poder seleccionar la solución adoptada.

Además, para una mayor precisión en el ajuste comparativo de las alternativas estudiadas, se han considerado diferentes escenarios futuros en relación a las diferencias entre los precios de bombeo y turbinación. Escenario optimista, cuando la diferencia es alta; el escenario medio, cuando la diferencia es la esperada; y escenario pesimista, cuando la diferencia es pequeña.

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos en el estudio de rentabilidad:

	Optimista	Medio	Pesimista	
TIR (50 años)*	17,52%	13,72%	5,60%	Alt. A Inversión 325,55M€
VAN (50 años)**	698	475	29	
Beneficio/Costo	2,14	1,46	0,09	
TIR (50 años)*	16,57%	12,88%	4,87%	Alt. B Inversión 510,19M€
VAN (50 años)**	1.008	669	-10	
Beneficio/Costo	1,97	1,31	-0,02	
	Optimista	Medio	Pesimista	

### Precios de energía

		Turbina	Bomba
Optimista	€/MWh	140,00	40,00
Medio	€/MWh	120,00	40,00
Pesimista	€/MWh	80,00	40,00

\* después de impuestos

\*\* en Millones de €

*Tabla 9. Estudio de Rentabilidad para Alternativas A y B*

Como se puede observar, la Alternativa B nos da valores absolutos de VAN mayores que la A, tal y como sería de esperar, al representar la B una solución de embalse de dimensiones notablemente mayores, y por lo tanto con una potencia de generación mayor en comparación a la A.

La Alternativa A presenta mejores valores relativos de TIR y de Beneficio/Costo (VAN/Inversión) que la B. Además en el escenario pesimista la Alternativa B presenta un valor de VAN negativo, lo que significa un mayor riesgo.

En estas condiciones, escogeremos la **Alternativa A**, que además tendrá un impacto ambiental menor que la Alternativa B con unas dimensiones de embalse menores.

**SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa A**



## 7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

### 7.1. Localización del proyecto

La construcción del aprovechamiento hidroeléctrico de bombeo se realiza en la provincia de León, en el término municipal de Páramo de Sil. El embalse de Matalavilla (embalse inferior del conjunto de las obras) se sitúa en el valle del río Valseco, afluente del Sil. El bombeo se realiza entre el embalse de Matalavilla y un nuevo embalse situado en los Altos de Piedra del Lobo, en el paraje de La Campona.

### 7.2. Descripción del proyecto

El proyecto comprende los elementos que se mencionan a continuación:

- **Depósito superior:** Situado en el paraje de La Campona, en el margen izquierdo del río Valseco, al sur del embalse de Matalavilla. El depósito tendrá una capacidad de  $2,7 \text{ Hm}^3$ .
- **Depósito inferior:** Se utilizará el embalse de Matalavilla con una capacidad máxima de  $65 \text{ Hm}^3$  y unos niveles de explotación comprendidos entre las cotas 910 msnm y 960 msnm.
- **Conducción:** Existirán dos tramos de tubería (galerías de alta y baja presión). La galería de alta presión, que conectará el embalse superior con la central en caverna, tendrá una longitud de 2102,43 m. La galería de baja presión, que unirá la central con el depósito inferior, tendrá una longitud de 1288,79 m.
- **Central hidroeléctrica:** La central hidroeléctrica construida en caverna dispondrá de dos grupos de turbo-bombas tipo Francis con una potencia máxima conjunta de 450 MW.

#### 7.2.1. Depósito superior

La balsa superior situará su coronación en cota 1610 msnm. La cota de fondo será la 1588,50 msnm por lo que la altura interior del dique será de 21.5 m. La cota máxima de lámina de agua se sitúa en la 1608,50 msnm, por lo que el resguardo previsto es de 1,5 m. Los taludes interiores y exteriores de la balsa contarán con una pendiente 1/1,8. Se ha previsto una importante excavación para generar una explanación suficientemente amplia como para contener una balsa de capacidad de volumen almacenado de  $2,7 \text{ Hm}^3$ . El material de excavación será empleado para la

construcción del dique, previo machaqueo, clasificación y cribado. El balance de tierras proporciona un exceso de material que en parte podrá ser depositado junto a los taludes de la propia balsa, generando una geometría irregular que favorecerá la integración visual.

El depósito se impermeabilizará mediante una capa de zahorra estabilizada con un 5% de cemento, sobre el que se extenderán, en este orden, un fieltro geotéxtil y la lámina de PEAD. La red de drenaje de fondo se dispondrá en forma de espina de pez, y tendrá como objetivo recoger las posibles filtraciones que se puedan producir. Tanto el geotéxtil como la lámina impermeabilizante irán anclados en un zuncho perimetral, disponiendo en la parte superior unas piezas prefabricadas que servirán como protección de seguridad y fijación frente a la succión del viento. En el vaso de la balsa se dispondrán muertos prefabricados de hormigón en todo el perímetro para garantizar la no flotabilidad y la sujeción de la lámina en su apoyo sobre el vaso de la balsa. También se dispondrán lastres de hormigón prefabricado unidos con cable de acero en los taludes interiores para asegurar la fijación de la lámina al terreno.

Se urbanizará un camino perimetral en la coronación de la balsa, incluyendo una rotonda en la entrada de las instalaciones y una zona de aparcamiento en el extremo noroeste. El camino tendrá una anchura útil de unos 5 m, con una pendiente del 2% hacia el exterior para evitar que haya aportaciones de aguas superficiales.

Todo el recinto de la balsa quedará cerrado mediante la colocación de una valla perimetral de acero galvanizado de 2 m de altura para evitar el intrusismo.

Para acceder al paraje de La Campona, donde se ubica el depósito superior del aprovechamiento, desde la propia localidad de Páramo del Sil parten diversas pistas de tierra, con anchos de 5 a 6 m, que permitirán el paso de vehículos pesados sin necesidad de apertura de nuevos accesos. Será preciso puntualmente actuar sobre algunas curvas de radio reducido y mejorar el firme con zahorras en algún tramo. En fases posteriores de desarrollo del proyecto se puede estudiar la posibilidad de mejorar el firme en todo el recorrido (6,3 km) con la utilización de tierras sobrantes de la excavación de los túneles y de la propia balsa. El tramo final de 1,77 km, que conectará el camino existente con la balsa, será de nueva construcción.

Por último se construirá la toma del embalse superior a una cota mínima de 1580 msnm en el fondo del embalse. Tendrá un diámetro de 9 m que se reducirá hasta 4,5 m para conectarse con el circuito hidráulico.

### **7.2.2. Depósito inferior**

El depósito inferior lo constituye el embalse de Matalavilla. La obra de captación inferior tendrá unas dimensiones exteriores de 9 m de altura por 12 m de anchura, en la que se instalará una reja de gran paso para evitar la entrada de flotantes. Esta obra se excavará en la ladera del margen izquierdo del embalse de Matalavilla, en cota de explanación 899,50 msnm. A unos 100 m de la captación se construirá una torre de compuertas con una cota de coronación de 962 msnm, 2 m por encima de la cota máxima de explotación del embalse.

Para acceder a la toma inferior se aprovechará una pista existente que, en este caso, habrá que ensanchar para permitir el paso de vehículos de obra. La pista parte de la carretera CV.127-13 en su PK 0,980 y, con una longitud de 4 km, llega al margen del embalse de Matalavilla, en la cota de máximo nivel de explotación y en un punto muy próximo al de ejecución de la toma inferior.

### **7.2.3. Conducción**

#### Galería de alta presión

La galería de alta presión se inicia mediante un pozo vertical de 20 m de longitud excavado en mina. Este pozo enlaza mediante un codo de 10 m de radio con un tramo horizontal de 189 m de longitud en el que se instalarán dos válvulas de mariposa para permitir el cierre de la galería. Las válvulas se situarán en una cámara a la que se tendrá acceso desde el exterior. A 25 m aguas abajo de las válvulas se produce otro codo, de las mismas características que el anterior, y se recupera la alineación vertical, descendiendo sin variaciones hasta alcanzar la cota 1188 msnm, prosigue con una pendiente del 23% en una longitud de 1305 m hasta las proximidades de la caverna. La galería se excavará en sección circular para el tramo vertical de 5,5 m de diámetro mínimo, y los tramos inclinado y horizontal se excavarán con sección en herradura para permitir el tránsito y cruce de maquinaria de obra, adoptándose una sección circular de diámetro interior 4,5 m previéndose un recubrimiento de hormigón armado de 50 cm y un blindaje de acero de un mínimo de 2 cm de espesor de acero S355 (ver Anejo 5 de Estudio de Túneles donde se calculan los espesores de blindaje y la calidad del acero).

### Galería de baja presión

La galería de baja presión se inicia en la aspiración de las turbo-bombas, en cota 852,55 msnm. La galería se prolonga con una pendiente de 4.25% hacia el embalse de Matalavilla, en una longitud de 1115,9 m, tras la cual se produce un leve codo de 2.44° con el que adopta una alineación horizontal. A 33 m aguas abajo del codo se sitúa la torre de compuertas, desde la que se podrá aislar la conducción.

La totalidad de la galería contará con un diámetro interior de 4,5 m. El espesor del recubrimiento de hormigón armado será de 50 cm mínimo y se blindará en su totalidad con 2 cm de chapa de acero S355. Los criterios empleados para la determinación de los espesores son los mismos que los aplicados en la descripción de la galería de alta presión.

Para evitar la situación de vacío en la galería de baja presión se proyecta una chimenea de equilibrio situada a aguas abajo del pantalón de unión de las dos turbinas. La chimenea tendrá un diámetro de 8 m y su coronación se situará en la cota 983 msnm, por lo que se prevé que desde el exterior suponga una elevación de unos 20 m de altura.

#### **7.2.4. Central hidroeléctrica**

La central se proyecta en una caverna situada al final de la conducción de alta presión, con los dos grupos dispuestos alineados de forma que la restitución enlaza directamente con la galería de baja presión en dirección al embalse inferior.

En planta, la central se dispone relativamente paralela al embalse, en una nave de aproximadamente 56 metros de longitud, con una anchura de 20 metros y unos 39 m de altura.

Por las características del salto y para conseguir una mejor regulación, se emplearán 2 grupos de turbinas tipo Francis de eje vertical cada una con una potencia de 225 MW, dotando de una potencia total a la central de 450 MW.

Las turbinas estarán controladas por válvulas esféricas de alta presión en la tubería que llega del embalse superior y por compuertas en la tubería que conecta con el embalse inferior.

La transformación de la tensión se realizará en una subestación eléctrica exterior sobre una plataforma rectangular de 70 x 105 m emplazada a la cota 960 msnm en el margen izquierdo del río Salentinos. Se construirá un pozo de cables que conectará la central en caverna con los transformadores en el parque exterior.

La línea eléctrica, desde la subestación de la central hasta la subestación de Anllares, tendrá su origen en la subestación eléctrica exterior.

La línea será aérea y de simple circuito. La longitud aproximada será de 8.300 m.

La central deberá tener un acceso desde la carretera CV-127-13, para lo cual deberá construirse un puente sobre el río Salentinos que conectará la citada vía con el emboquille del túnel y con la subestación. El túnel será de grandes dimensiones (9 x 8 m) permitiendo la entrada de las mayores piezas que integren los equipos. Se prevé que tenga una longitud de 780 m.

En el Anejo 6 de Descripción de la Solución Adoptada, se describen con más detalle los diferentes elementos que conforman el proyecto.

## **8. ESTUDIO DE PRODUCCIONES**

Se ha realizado un estudio de la teórica producción de la central como turbina y del teórico consumo como bombeo.

Para ello se han utilizado los datos históricos del estado del embalse de Matalavilla, proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Miño - Sil, desde el año 1989 hasta 2010, suponiendo una serie de datos de 22 años completos.

A partir de las hipótesis de cálculo y funcionamiento expuestas en el Anejo 7 de Estudio de Producciones, los resultados obtenidos son:

- Producción de la central: 738 GWh/año
- Consumo de la central: 971 GWh/año

La relación consumo / producción resultante es de 0,76, valor habitual en este tipo de aprovechamientos.



## 9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En el Anejo 8 del presente documento se ha efectuado el estudio de impacto ambiental, donde se ha realizado el inventario del medio, se han evaluado y calificado los distintos impactos sobre éste, y se han propuesto una serie de medidas correctoras de dicho impacto ambiental.

Para realizar el estudio de impacto ambiental se estudia el proyecto en las tres fases siguientes:

- Fase de planificación
- Fase de construcción
- Fase operativa

En la fase de planificación se debe tener en cuenta aspectos como la necesidad de la implantación del recurso, la ocupación del suelo o la integración paisajística. Se ha proyectado la central en caverna y la conducción subterránea en todo su recorrido, por lo tanto, la ocupación del suelo y la integración paisajística no serán un problema en este caso, pero sí en el caso del embalse superior.

Durante la fase de construcción los problemas ambientales son más perceptibles. Los movimientos de tierras, el movimiento de vehículos pesados, la impermeabilización del embalse, los ruidos y vibraciones ocasionados por el tránsito de la maquinaria de obra, serán problemas que se deben estudiar y procurar reducir en la medida de lo posible.

El principal impacto ambiental del presente proyecto, una vez finalizadas las obras de ejecución, será el posible efecto barrera en el paisaje debido a la presencia del depósito superior y del parque exterior de la subestación eléctrica, junto con la chimenea de equilibrio. En la elaboración del presente proyecto se han tomado medidas a nivel de diseño con tal de mitigar los mencionados impactos.

Las acciones sobre el medio con impacto más relevante son pues:

- Habilitación de accesos rodados a las zonas de obras
- Emisión de ruidos y polvo
- Construcción de tendidos eléctricos
- Presencia de las instalaciones
- Transformación del paisaje debido al depósito superior

## 10. ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LAS OBRAS

El conjunto de la obra del Aprovechamiento Hidroeléctrico del bombeo reversible Matalavilla – Salentinos se ha estructurado de la siguiente forma:

- Trabajos previos de colocación de casetas, materiales de acopio, localización de vertederos y replanteo de las obras.
- Trabajos de construcción del depósito superior.
- Trabajos de construcción de la tubería forzada.
- Trabajos para la construcción de la central hidroeléctrica en caverna.
- Trabajos de montaje e instalación de todos los elementos de generación de la central, así como los elementos necesarios para su maniobra.
- Puesta en marcha de la central.
- Trabajos de mitigación de impacto ambiental, como pueden ser, reforestación, desbroce y limpieza de las zonas afectadas.
- Trabajos de retirada de todos los materiales que han sido necesarios para realizar la obra.

La obra en sí está dividida en diferentes fases para afectar lo mínimo sobre el medio y para optimizar el tiempo de ejecución.

Se prevén diferentes frentes de trabajo. El primero se inicia con la construcción de la balsa superior, por un lado, y la galería de la toma de la balsa, el pozo de válvulas de cierre y el pozo de la galería de presión, por el otro.

El segundo frente se inicia desde el acceso a la caverna hasta la propia caverna.

Con posterioridad, cuando el frente de la galería de alta presión finalice, se atacará el pozo de compuertas del embalse inferior. Cuando se finalicen los trabajos subterráneos en la caverna, el otro frente atacará la galería de baja presión, la chimenea de equilibrio, el pozo de cables y la toma inferior.

Una vez concluidas las excavaciones de la caverna se iniciarán los revestimientos de hormigón armado de las mismas, los trabajos de montaje de elementos y edificación, y el montaje de todos los elementos auxiliares y maquinaria de generación, así como la construcción de la subestación eléctrica.

## 11. TERRENOS AFECTADOS POR LAS INSTALACIONES

Para la implantación de las instalaciones descritas en el presente proyecto se realizarán expropiaciones y se constituirán las servidumbres que se describen en el Anejo 9 de Intereses Afectados.

La valoración de las servidumbres y expropiaciones afectadas se ha realizado de acuerdo con el valor medio de mercado de suelo rústico en la zona, que se sitúa en 11,5 €/m<sup>2</sup>. Para la valoración de las servidumbres se aplica un coste equivalente al 10% del valor de mercado.

Respecto a las ocupaciones finales se suman las siguientes superficies:

Unidad constructiva	Superficie afectada (m <sup>2</sup> )
Balsa superior y nuevo camino	368.596
Pozo salida de cables	62,5
Chimenea de equilibrio	453
Subestación eléctrica	7370
Acceso a la central y a la subestación	2862
Toma embalse Matalavilla	612
Línea eléctrica de 400kV	181.661
<b>TOTAL</b>	<b>561.617</b>

*Tabla 10. Relación de terrenos afectados (área)*

La cuantía económica que supone las servidumbres y expropiaciones, aplicando los costes unitarios anteriormente expuestos, asciende a **4.616.003,8 €**.

## 12. PLAN DE OBRA

En el Anejo 11 de Plan de Obra se reflejan los plazos y las vinculaciones entre las diferentes unidades de obra.

El término total previsto para el desarrollo de las obras es de **45 meses**.

Los plazos de construcción de las unidades de mayor relevancia son las siguientes:

- Proyecto y fabricación de equipos de generación : 25 meses
- Excavación explanada balsa: 10 meses
- Excavaciones subterráneas: 35 meses
- Construcción balsa: 26 meses
- Central (incluye obras civiles e instalaciones): 21 meses
- Captación en embalse inferior: 8 meses
- Subestación: 16 meses
- Línea de 400 kV: 9 meses
- Reposiciones: 2 meses
- Puesta en marcha: 7 meses

### **13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997 se ha redactado en el presente proyecto un Estudio de Seguridad y Salud que se presenta en el Anejo 13, donde se recogen los riesgos que supone la realización de la obra proyectada, así como las medidas preventivas adecuadas.

Servirá para dar las directrices básicas al contratista para cumplir debidamente con las obligaciones pertinentes en el campo de prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa.

Dicho estudio consta de los siguientes documentos:

- Memoria
- Planos

## **14. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**

La justificación de precios del presente proyecto se basa en el banco de precios BEDEC (Banco Estructurado de Datos de Elementos Constructivos) proporcionado por el ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya), realizado con los costes de mano de obra, maquinaria y materiales del mercado.

Para la utilización de un banco de precios homogéneo se ha decidido contemplar los sobrecostes por obras de importe no elevado, así como los sobrecostes en función del desarrollo de la zona, en un único coeficiente. Dicho coeficiente es el porcentaje de costes indirectos que se aplica en la justificación de precios.

El coste mínimo para todo tipo de obra se estima en un 5%, aumentándose en función de los aspectos comentados. Para el presente proyecto, se ha empleado un coeficiente de costes indirectos del 5%.

En el Anejo 14 se presentan las tablas con la justificación de precios.



## 15. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO

En este apartado se resume sintéticamente el proyecto de la central hidroeléctrica reversible:

### - Balsa superior:

- Volumen de embalse: 2,7 Hm<sup>3</sup>
- Excavaciones: 1.799.254,2 m<sup>3</sup>
- Terraplenes: 1.002.526,526 m<sup>3</sup>
- Nivel máximo depósito superior: 1.606,5 msnm
- Nivel mínimo depósito superior: 1.588,5 msnm

### - Embalse inferior: Embalse Matalavilla (existente)

- Mínimo nivel de explotación: 910,0 msnm
- Máximo nivel de explotación: 960,0 msnm

### - Circuito hidráulico

- Galería de alta presión:
  - Øint: 4,5 m. Revestido de hormigón de 50 cm y blindado con camisa de chapa de acero de espesor variable entre 2,0 y 4,4 cm.
  - Cota toma superior: 1.580 msnm
  - Cota entrada central: 860 msnm
  - Pozo vertical: 413,41 m
  - Tramo inclinado de 1304,9 m de longitud y 22,4% de pendiente.
  - Tramo horizontal de 167,3 m hasta la central.

### - Galería de baja presión (aspiración bombeo)

- Øint: 4,5 m, revestido de hormigón de 50 cm y blindado con camisa de chapa de acero de 2,0 cm de espesor.
- Cota salida central (entrada bombas): 854,8 msnm
- Cota toma inferior: 900 msnm
- Longitud: 1288,79 m

### - Central en caverna

- Una única nave de 56,6 x 20,6 x 39 m

### - Pozo de salida de cables (barras de fase aislada 14,5 kV)

- Øint: 5,5 m
- Longitud: 94 m (vertical)

**- Estación exterior**

- Parque de transformación exterior
- Explanación a cota 960 msnm, superficie 69 x 103 m
- Transformación:
  - 2 unidades
  - Potencia: 250 MVA
  - Relación de transformación: 14,5 / 400 kV

**- Línea eléctrica**

- Conexión en S.E. de Anllares
- 400 kV
- Longitud: 8,3 km

**- Accesos**

- A balsa superior:
  - Existente: 6,3 km (acondicionamiento y ensanchamiento)
  - Pista de nueva construcción: 1,77 km
- A central:
  - Puente sobre río Salentinos
  - Túnel de 8 x 9 m, de 780 m de longitud, pendiente 7,6%
- A subestación eléctrica exterior:
  - Pista de nueva construcción de 707 m
- A toma inferior:
  - Existente: 3,97 km (acondicionamiento y ensanchamiento)

**- Equipos en Central**

- Nº de grupos: 2 unidades
- Caudal máximo de turbinación: 75 m<sup>3</sup>/s (2 x 37,5)
- Máximo desnivel: 698,5 m
- Mínimo desnivel: 628,5 m
- Salto neto máximo en turbinación: 685,79 m
- Altura mínima de aspiración: 48 m
- Potencia máxima en turbinación: 2 x 232 MW
- Potencia aparente alternador – motor: 2 x 250 MVA
- Potencia máxima en bombeo: 2 x 237 MW
- Velocidad nominal: 500 rpm
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Tensión nominal de generación: 14,5 kV

## 16. PRESUPUESTO

El presupuesto de las obras de la Solución Adoptada (Alternativa A) se desglosa en los siguientes capítulos:

<b>DESGLOSE DEL PRESUPUESTO</b>		
Balsa superior	20.836.764,33	8,97%
Galería de alta presión	62.020.310,27	26,71%
Central	102.644.494,28	44,20%
<i>Obra civil</i>	26.684.494,28	11,49%
<i>Equipos electromecánicos</i>	58.160.000,00	25,04%
<i>Equipos eléctricos</i>	7.950.000,00	3,42%
<i>Equipos auxiliares</i>	1.250.000,00	0,54%
<i>Automatismos y control</i>	8.600.000,00	3,70%
Galería de baja presión	27.792.284,54	11,97%
Embalse inferior	3.939.730,75	1,70%
Subestación y línea de evacuación	14.989.797,74	6,45%
<b>PEM</b>	<b>232.223.381,91</b>	<b>€</b>

*Tabla 11. Desglose del presupuesto de ejecución material*

El presupuesto de las obras se ha calculado aplicando los precios que figuran en el Cuadro de Precios y las Mediciones del Proyecto, y teniendo en cuenta las Partidas Alzadas y Presupuesto entregados por los distribuidores de la maquinaria y de las instalaciones auxiliares según se desglosa en el Documento 3 de Presupuesto.

A continuación se muestra un resumen del presupuesto del proyecto.

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA**


---

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	232.223.381,91 €
6 % Beneficio industrial sobre 232.223.382	13.933.402,91
13 % Gastos generales sobre 232.223.382	30.189.039,65
0,2 % Seguridad y Salud sobre 232.223.382	464.446,76
1% Control de Calidad sobre 232.223.382	2.322.233,82
Subtotal 1	279.132.505,06

---

10 % Imprevistos sobre 232.223.382	23.222.338,19
3 % Licencias sobre 232.223.382	6.966.701,46
5 % Proyecto y Dirección de Obra sobre 232.223.382	11.611.169,10
Subtotal 2	320.932.713,80

---

21 % IVA sobre Subtotal 2 – Licencias	65.932.862,59
---------------------------------------	---------------

**TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA 386.865.576,39 €**


---

Servidumbres y expropiaciones	4.616.003,80
-------------------------------	--------------

**PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN****391.481.580,19 €**


---

**(TRESCIENTOS NOVENTA Y UN MILLONES CUATROCIENTOS OCHENTA Y UN MIL QUINIENTOS OCHENTA EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS)**

## 17. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

Una vez efectuado el presupuesto del proyecto se ha realizado un estudio de rentabilidad (ver Anejo 12 de Estudio de Rentabilidad). La evaluación económica de los aprovechamientos hidráulicos se realiza comparando los beneficios conseguidos a lo largo de su vida útil, como consecuencia de su capacidad energética, con el coste total, calculado como suma del coste de construcción, del coste de operación a lo largo del período de explotación y del valor residual al final del mismo (éste último con valor negativo); estos beneficios y costes se producen en épocas distintas, por lo que deben ser reducidos a una base común de comparación, para lo cual se precisa determinar las corrientes de beneficios y costes y, utilizando tasas de interés e inflación adecuadas, calcular su valor presente en una fecha determinada, habitualmente el inicio de la operación comercial del aprovechamiento. Una vez actualizadas las corrientes de beneficios y costes se determinan los parámetros o índices que permiten evaluar el aprovechamiento desde el punto de vista económico; éstos son:

- El valor actualizado neto (VAN)
- La relación beneficio/costo (VAN/Inversión inicial)
- La tasa interna de retorno (TIR)
- El Período de Retorno (PayBack)

El VAN representa el valor absoluto actualizado de la corriente de flujos de caja a lo largo de la vida útil de la inversión.

El índice Beneficio/Costo (VAN/Inversión) indica que la rentabilidad es positiva cuando el valor del parámetro es mayor a 1. Cuanto mayor el valor, mayor rentabilidad.

La TIR equivale al valor de una tasa de actualización que hace que el VAN sea igual a cero. Que la TIR sea mayor que el coste del dinero (coste oportunidad) para la empresa promotora es condición de rentabilidad de la inversión<sup>3</sup>.

También es importante analizar el tiempo que habrá de transcurrir hasta que la inversión haya generado suficientes ingresos para recuperar el desembolso inicial. Se trata de un criterio de liquidez y el indicador más práctico para determinar esta fecha es el Período de Retorno (PAY BACK). El Período de Retorno es el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial a partir de los flujos de caja del proyecto.

---

<sup>3</sup> CUESTA, Luis; VALLARINO, Eugenio. (2000). *Aprovechamientos hidroeléctricos. Tomo II*. 1ª Ed. I.S.B.N.:84-380-0168-8. p. 116.

Para realizar un estudio más ajustado se han contemplado diferentes escenarios futuros en relación a las diferencias entre los precios de bombeo y turbinación. El escenario optimista, cuando la diferencia de precios es alta; el escenario medio, cuando la diferencia es la esperada; y escenario pesimista, cuando la diferencia es pequeña.

En la tabla siguiente se pueden ver los resultados del estudio de rentabilidad de la solución adoptada, según los diferentes escenarios.

	Optimista	Medio	Pesimista
TIR (50 años)*	17,52%	13,72%	5,60%
VAN (50 años)**	698	475	29
VAN / Inversión	2,14	1,46	0,09

#### Precios de energía

		Turbina	Bomba
Optimista	€/MWh	140,00	40,00
Medio	€/MWh	120,00	40,00
Pesimista	€/MWh	80,00	40,00

\* después de impuestos

\*\* en Millones de €

*Tabla 12 . Resultados Estudio de Rentabilidad*

En concreto, si se consultan las hojas de cálculo contenidas en Anejo de Estudio de Rentabilidad, se puede comprobar que en la situación de escenario medio (esperado), el **PAYBACK es de 8 años**, es decir que la inversión inicial se recuperaría a partir del octavo año desde la puesta en funcionamiento del bombeo.

Con los resultados obtenidos podemos afirmar que el proyecto es rentable.

El proyecto tiene además un valor añadido a considerar, al tratarse de una central de energía renovable.



## **18. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

El presente proyecto está compuesto por los siguientes documentos.

### **DOCUMENTO NÚMERO 1 – MEMORIA Y ANEJOS**

#### **MEMORIA**

#### **ANEJOS A LA MEMORIA**

- Anejo número 1. ESTUDIO GEOLÓGICO
- Anejo número 2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
- Anejo número 3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS
- Anejo número 4. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA TURBO-BOMBA
- Anejo número 5. ESTUDIO DE TÚNELES
- Anejo número 6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA
- Anejo número 7. ESTUDIO DE PRODUCCIONES
- Anejo número 8. IMPACTO AMBIENTAL
- Anejo número 9. INTERESES AFECTADOS
- Anejo número 10. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
- Anejo número 11. PLAN DE OBRA
- Anejo número 12. ESTUDIO DE RENTABILIDAD
- Anejo número 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
- Anejo número 14. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

### **DOCUMENTOS NÚMERO 2 – PLANOS**

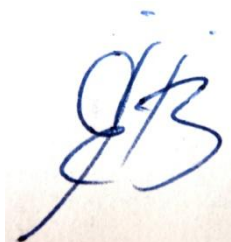
### **DOCUMENTO NÚMERO 3 – PRESUPUESTO**

## 19. CONCLUSIONES

El presente proyecto básico elabora una descripción y justificación básica de las soluciones estudiadas, incluyendo el dimensionamiento de los elementos principales, que permite la evaluación técnica y económica de la solución. El contenido del mismo tiene el detalle suficiente para solicitar la concesión necesaria para continuar con el desarrollo del proyecto.

Barcelona, 20 de junio de 2014

La autora del proyecto



Maria Griñó Colom

Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos



# Anejo 1. Estudio Geológico

---

*Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. GEOLOGÍA.....	2
2.1. Situación geológica.....	2
2.2. Materiales.....	2
2.3. Estructural .....	7
3. APLICACIÓN GEOLÓGICA.....	7

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pizarras de la base de la Fm. de Los Cabos.....	3
Figura 2. Materiales de las capas de la Fm. Los Cabos, alternancia de cuarcitas y areniscas cuarcíticas gris claro y rojas.....	3
Figura 3. Cuarcitas que culminan la serie de Los Cabos. Estribo derecho de la presa de Matalavilla.....	3
Figura 4. Subida a la Campona (Alto de la Siniestra). Pizarras y areniscas de Transición .....	4
Figura 5. Pizarras y areniscas de Transición.....	4
Figura 6. Pizarras de Luarca Vista en el sentido de avance del D. S. al D. I. ....	5
Figura 7. Cuaternario aluvial con limos inestables de equilibrio en pendiente con descamaciones de inicio de deslizamiento. Sin cohesión y ripables .....	6
Figura 8. Terraza del cuenco del río Salentinos en la cola del embalse de Matalavilla.	6
Figura 9. Derrubios de ladera con selección de los cantos de cuarcitas, dependiendo de la cota.....	6
Figura 10. Arroyo de los Urdiales, espalda de la zona del D. S.....	6
Figura 11. Mapa geológico de la zona de actuación con el corte geológico .....	8
Figura 12. Corte geológico del tramo de las obras.....	8
Figura 13. Corte geológico de la Tubería Forzada .....	10

# 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto consta de un depósito superior (D.S.) a la cota 1634 msnm, un depósito inferior (D.I.) a la cota 936 m.s.n.m., utilizándose para ello el embalse existente y en funcionamiento de Matalavilla, y conectados ambos con una tubería forzada (T.F.) y una Central (C) intermedia a la cota 973 msnm.

El presente anejo analiza y describe los materiales de soporte de cada una de las unidades del salto para el caso de una conducción subterránea de la T.F. y la central en pozo.

# 2. GEOLOGÍA

## 2.1. Situación geológica

El área de desarrollo del salto está situada, geológicamente, en la zona Asturoccidentalleonesa, correspondiente a una de las unidades en que se ha dividido el macizo hercínico de la Península Ibérica, diferenciada paleogeográfica y estructuralmente. Estratigráficamente están representados, de muro a techo:

- Cámbrico Medio-Ordovícico Inferior (Serie de Los Cabos).
- Ordovícico Inferior-Medio (Capas de Transición).
- Ordovícico Medio (pizarras de Luarca).
- Ordovícico Medio-Superior (Fm. Agüeira).
- Ordovícico Superior (cuarcitas de Vega).
- Neógeno (cerca de la zona y poco representativo).
- Cuaternario

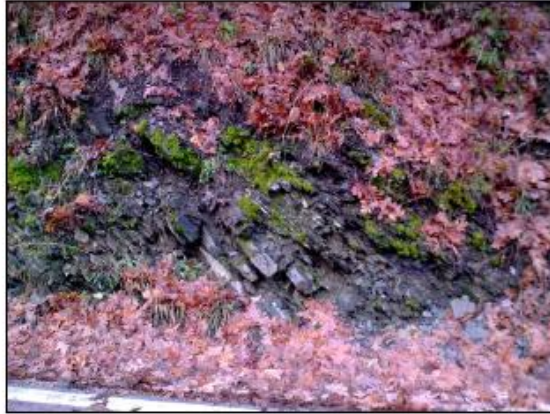
## 2.2. Materiales

En este apartado se describen los diferentes estratos antes comentados. Los materiales más influyentes en el proyecto son la Serie de Los Cabos, las Capas de Transición y las Pizarras de Luarca. El resto son básicamente materiales cuaternarios, aluviales y de ladera, de poca cohesión, que deberán retirarse.

### 2.2.1. Serie de Los Cabos (Cámbrico Medio-Ordovícico Inferior)

Es una potente sucesión detrítica que se caracteriza por una alternancia de cuarcitas y pizarras, predominando las primeras. El límite inferior lo marcan las calizas y el límite

superior las capas de transición de las pizarras de Luarca. Es parte del flanco meridional del anticlinorio.



*Figura 1. Pizarras de la base de la Fm. de Los Cabos*



*Figura 2. Materiales de las capas de la Fm. Los Cabos, alternancia de cuarcitas y areniscas cuarcíticas gris claro y rojas (carretera junto al embalse de Matalavilla, en dirección a Salentinos)*

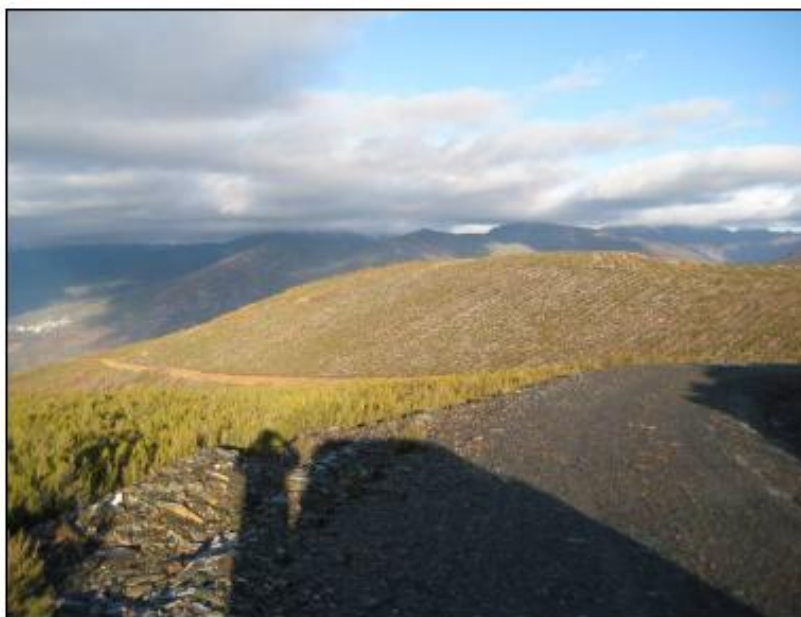


*Figura 3. Cuarcitas que culminan la serie de Los Cabos. Estribo derecho de la presa de Matalavilla.*



### 2.2.2. Capas de Transición (Ordovícico Inferior-Medio)

Entre las cuarcitas de la serie de Los Cabos y las pizarras de Luarca, aflora una serie de transición gradual de la inferior a la superior. Está formada una alternancia de pizarras negras, cuarcitas blancas y pizarras con estratos de arenisca hacia su techo. La arenisca de la base aumenta hacia el techo de la serie (Arenig). La arenisca es muy ferruginosa y se halla intercalada entre las pizarras.



*Figura 4. Subida a la Campona (Alto de la Siniestra). Pizarras y areniscas de Transición*



*Figura 5. Pizarras y areniscas de Transición.*

### 2.2.3. Pizarras de Luarca (Ordovícico Medio)

Se presenta como una sucesión potente y homogénea de pizarras negras lustrosas y de grano fino con pirita cristalizada en cubos más que en nódulos, que meteorizada se altera a limonita. La acentuada esquistosidad no deja distinguir la estratificación (de Páramo del Sil a Valdeprado).

La disposición estructural es como en las demás formaciones anteriores, monoclinas del flanco sur del antiforme del Nárcea. Su potencia se estima en 1.500 m. A falta de datos paleontológicos, con solamente localizaciones someras, de Trilobites (Calymene) y Graptolites (Didymograptus), se datan estas pizarras como del Llandvir y las del techo como Llandeilo.



*Figura 6. Pizarras de Lluarca Vista en el sentido de avance del D. S. al D. I.*

#### **2.2.4. Formación Agüeira (Ordovícico Medio-Superior)**

En este conjunto de materiales se da el núcleo del sinclinal de Pardamaza y el anticlinal de Gistredo (D.S.). Son areniscas con cuarzo, plagioclasa y fragmentos de rocas enmascaradas por el metamorfismo regional, dentro de una matriz limo-arcillosa totalmente recristalizada. Grano fino (limo). Afloran en todo el arco que dibuja la estructura Asturoccidental-Leonesa. La Fm Agüeira está constituida por una alternancia de arenas (media-gruesa), limolitas y lutitas, con niveles cuarcíticos intercalados de los cuales hay más en la base.

#### **2.2.5. Cuarcitas de Vega de Espinareda (Ordovícico superior)**

Está formado por dos paquetes de cuarcitas blancas en bancos métricos, separados por un nivel de 5 a 10 m de pizarras negras detríticas con nivelillos de areniscas y cuarcitas de carácter turbidítico. Su potencia se halla entre los 60 y 80 m.

#### **2.2.6. Neógeno**

Como ya ha indicado este piso o pisos, según autores (en la base = Vindoboniense; en el techo = Mioceno superior (Pleistoceno)) no afecta al proyecto de que se trata, más bien forma parte del conjunto sedimentario con una discordancia total, enmascarando los materiales paleozoicos.

### 2.2.7. Cuaternario

Los depósitos cuaternarios adquieren relevante importancia para el desarrollo del proyecto por su significación de magnitud en obra civil y por sus espesores y extensiones, tanto en los emboquilles de las galerías a D.S. y a D.I., como en la excavación del pozo de la central.

*Figura 7. Cuaternario aluvial con limos inestables de equilibrio en pendiente con descamaciones de inicio de deslizamiento. Sin cohesión y ripables (carretera junto al embalse de Matalavilla, en dirección a Saletinos)*



*Figura 8. Terraza del cuenco del río Salentinos en la cola del embalse de Matalavilla.*



*Figura 9. Derrubios de ladera con selección de los cantos de cuarcitas, dependiendo de la cota.*



A efectos de influencia sobre el proyecto destacamos los aluviales y los derrubios de ladera, coluviones y canchales de cuarcita.

*Figura 10. Arroyo de los Urdiales, espalda de la zona del D. S.*



Los primeros de origen aluvial recubren los cauces de los ríos (rio de Salentinos) y además las terrazas y conos de deyección de grandes avenidas, limitadas a escasos metros de ladera y sobre el propio cauce. Los segundos corresponden a materiales angulosos con el calibrado que depende de la cota. Su

génesis depende de los materiales sobre los que se asienta, siendo importantes los cuarcíticos de la serie de Los Cabos que se presenta en toda la longitud de los ríos de Salentinos y de Valseco, que influyen directamente a los fines de ejecución del proyecto. Es de resaltar la gran actividad de los ríos de la zona por los depósitos habidos en la cola del embalse de Matalavilla.

### **2.3. Estructural**

Los materiales descritos forman la estructura en arco de la zona Asturoccidental-leonesa de orientación en la zona ESE-WNW en pliegues apretados y verticalizados tanto normales como invertidos con cabalgamientos de arrastre de anticlinales y sinclinales de elevadas potencias.

## **3. APLICACIÓN GEOLÓGICA**

En este apartado se pretende describir la influencia de los materiales descritos hasta ahora sobre la ejecución de las pretendidas obras a ejecutarse para el desarrollo del proyecto.

Desde el D.S. siguiendo la T.F. hasta la Central, y luego desde ésta misma hasta en D.I. nos encontramos con los siguientes estratos (de arriba abajo):

Pizarras de Luarca – Capas de Transición – Serie de Los Cabos – Capas de Transición – Serie de Los Cabos.



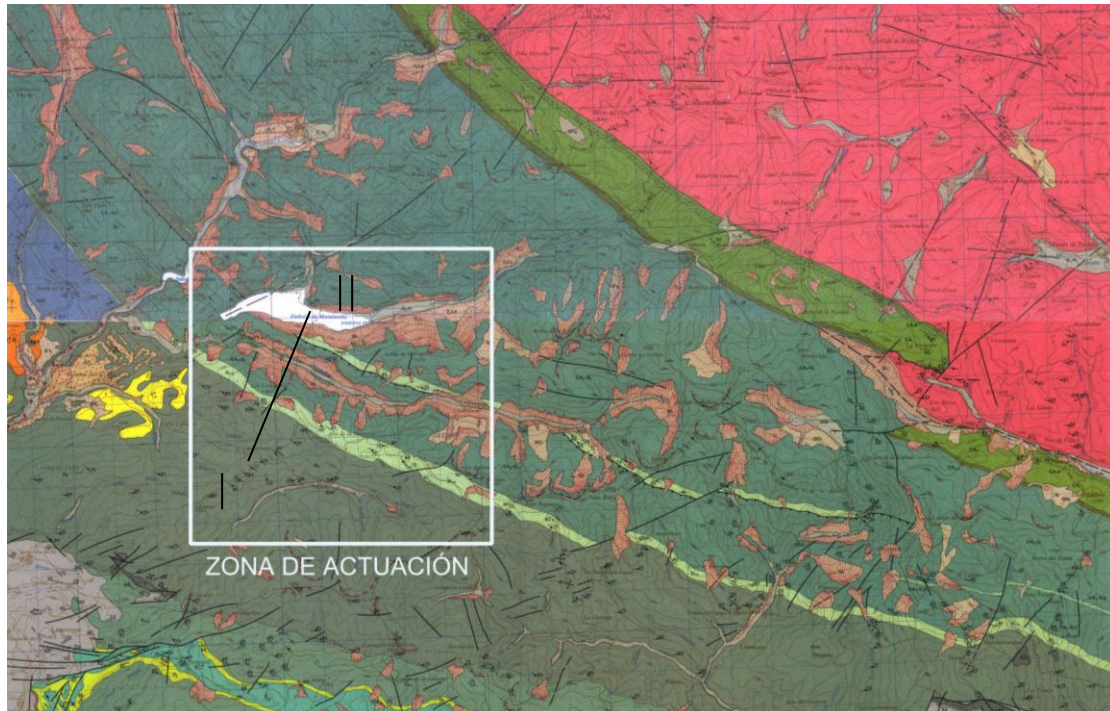


Figura 11. Mapa geológico de la zona de actuación con el corte geológico

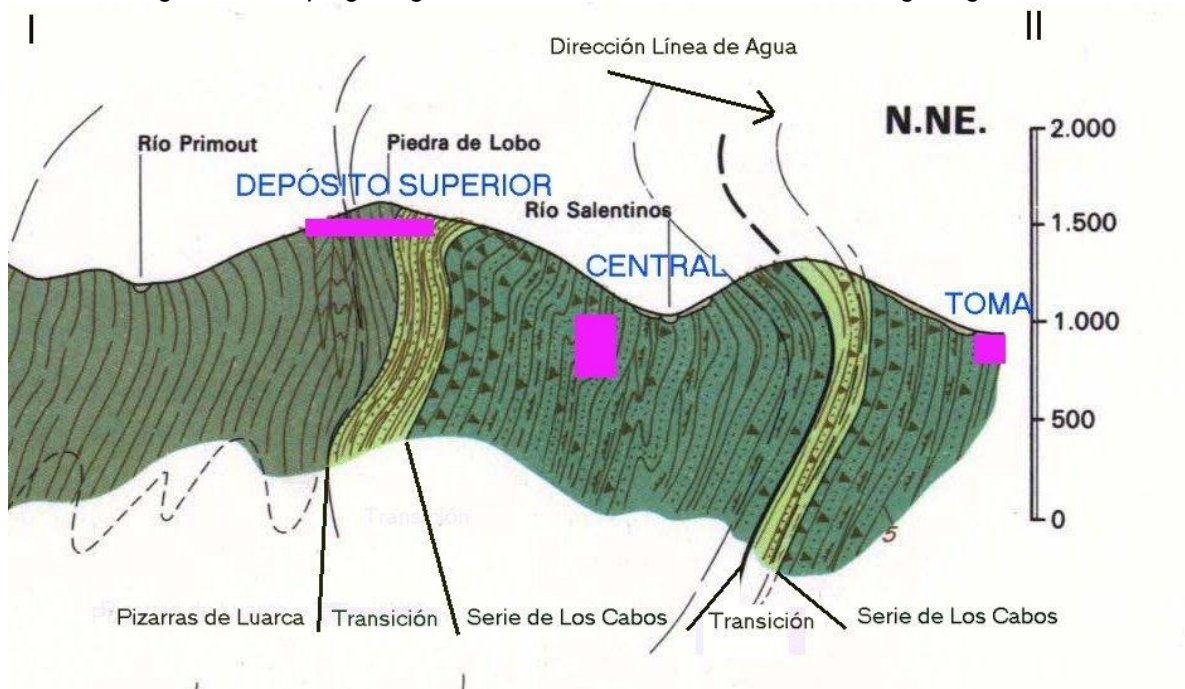


Figura 12. Corte geológico del tramo de las obras.

La ubicación de la **Central**, según la traza, debería situarse en el fondo de valle del río Salentinos donde se encontrarán los materiales cuaternarios aluviales y de ladera. En este Informe se ha considerado su situación en el margen izquierdo del río, en el cual los espesores de los de ladera pueden llegar a tener hasta 5 m y los aluviales hasta 7 m. Teniendo en cuenta la profundidad de un pozo o caverna de hasta 80 m de profundidad, deberán retirarse todos los materiales cuaternarios, aluviales y de ladera,

considerando que éstos se hallan sin cohesión con granulometrías tipo bolo (>40 cm; <100 cm) con evidentes corrimientos al excavar en la base de los mismos.

Los materiales a excavar serán, teniéndose en cuenta la verticalidad de las capas y hallándonos próximos al anticlinal con núcleo la Fm. de Los Cabos, una monotonía de pizarras verdes limoníticas en todo el tramo de la excavación de la central. Por la proximidad del río y a cota inferior de éste, cabe pensar en posibles filtraciones del río en la excavación de la central. Su presencia puede ser indudable pero los caudales serán seguramente poco significativos debido a las características litológicas de los materiales de la serie de Los Cabos.

Las características geomecánicas dan un valor de roca de cualidad entre MEDIA y BUENA para los paquetes de pizarras y cuarcitas que forman el nivel de la central, influyendo en éstos la esquistosidad con valores del R.Q.D. de entre 0 %y 50%, lo cual implica un sostenimiento generalizado para cavernas de centrales hidroeléctricas con bulonado sistemático en el techo con tela metálica, y un arco de hormigón como sostenimiento definitivo.

El **Depósito Superior** se asienta en el contacto de los materiales de las Capas de Transición y las Pizarras de Luarca, ocupando la misma superficie sobre las pizarras que sobre las areniscas.

Las areniscas y pizarras pueden clasificarse como ripables dentro de unos márgenes de profundidad (4 m), mejor en las areniscas que en las pizarras. A partir de dicha profundidad pueden considerarse ripables con condicionantes, empleándose maquinaria más potente (giratoria de >40 Tm).

En el trazado de la **Tubería Forzada** se atravesarán los materiales pizarrosos, las areniscas y cuarcitas de la Formación de Los Cabos, desde el núcleo del anticlinal de Gistredo hasta las capas de Transición, donde se apoya el Depósito Superior. Su disposición con respecto a la alineación de la traza de la galería es normal, siendo además capas verticalizadas en los dos sentidos por haber un cambio de buzamiento al atravesar el núcleo del anticlinal de Gistredo, dando ello buenos resultados, tanto para el rendimiento del avance como por el sostenimiento, siendo mejor en el segundo sector que en el de inicio.

Los parámetros geomecánicos son de buena competitividad. Con los efectos de la esquistosidad y tectonicidad, podrían valorarse en un RQD = 0-50% en pizarras y sus materiales asociados al paquete de Los Cabos y de 50-75% en las cuarcitas y sus materiales asociados, también de Los Cabos.

En el **Canal de Descarga**, 250 m antes de llegar al embalse partiendo desde la central, existe el contacto de la serie de Los Cabos con las cuarcitas y areniscas de las Capas de Transición en contacto por cabalgamiento de aquellas sobre las de

Transición, contacto con efectos de arrastre, milonitización y troceados internos con posibilidad de diastremas abiertos y posible paso de agua, que deberá tenerse en cuenta en los trabajos de avance de perforación con cerchado intenso.

Las características geomecánicas Siguen la misma pauta que en el caso de la Tubería Forzada en su tramo de inicio de la central hacia el Depósito Superior (Q=4,3), interviniendo en el paso del contacto cabalgante con necesidades del tipo de anillo de hormigón para un tramo de más de 15 m.

Hallándose la central en el margen izquierdo del río Salentinos, el Canal de Descarga tendrá que cruzar el río subterráneamente, atendiendo con ello las filtraciones a cota de central.

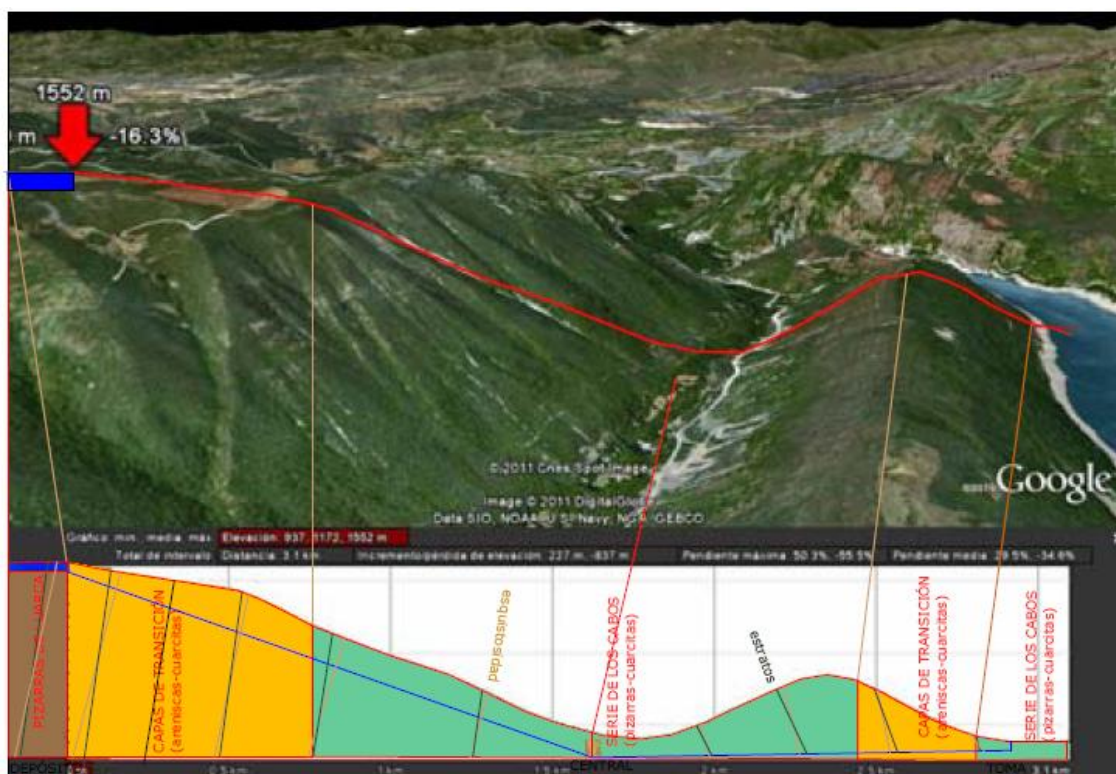


Figura 13. Corte geológico de la Tubería Forzada

En referencia a las **zonas de préstamo**, los materiales procedentes de la excavación no deben ser aprovechados como árido para la preparación de hormigones por su elevado contenido en sales sulfurosas, por ello se ha pensado en aprovechar los potentes depósitos cuaternarios de terraza aluvial existente en la cercanía (Páramo del Sil). Estos áridos, se cree, pueden ser de calidad para la fabricación de hormigón con un cribado y lavado pertinentes, llegando a las granulometrías exigidas para el fin.



**APÉNDICE 1**

Mapas Geológicos de España, Escala 1: 50.000, hojas 101, 127

## Anejo 1. Estudio Geológico



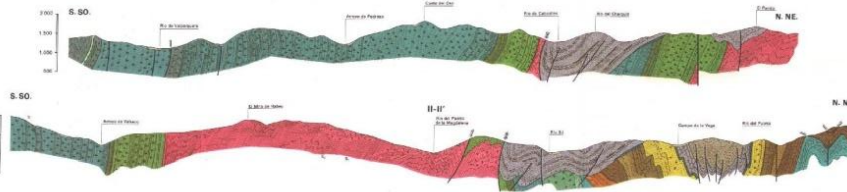
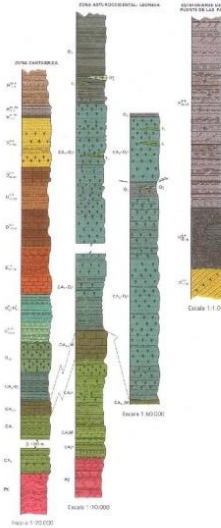
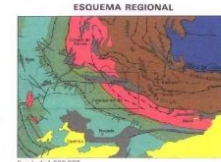
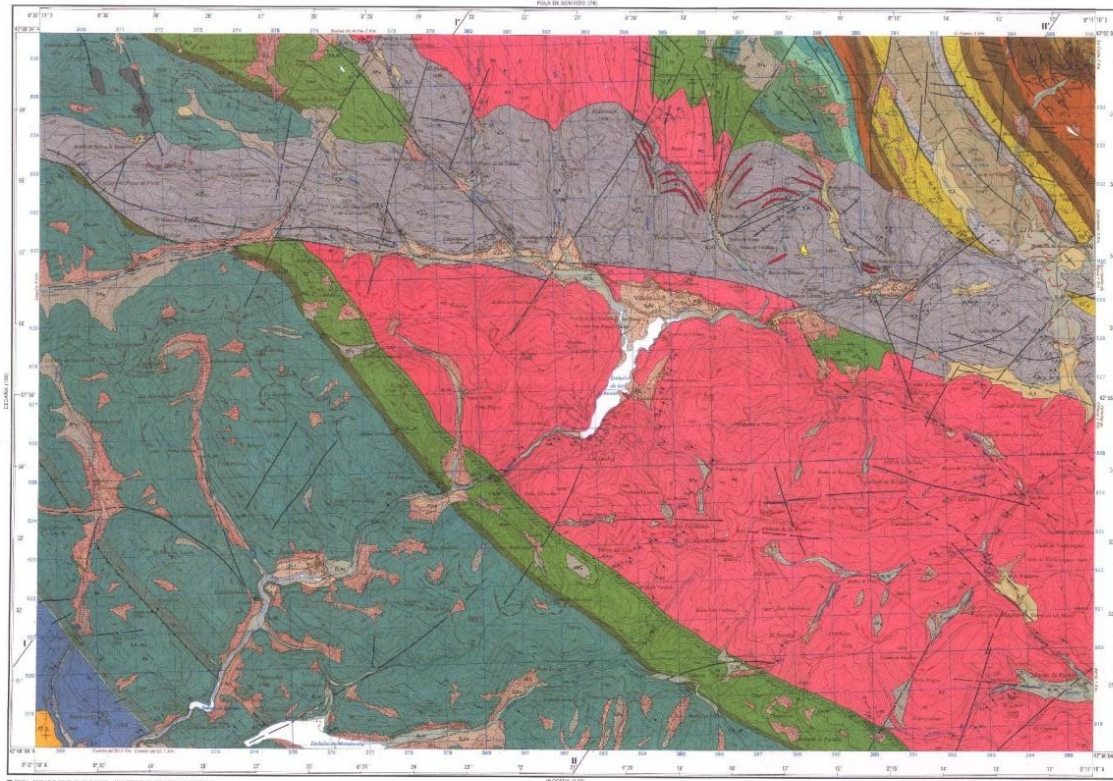
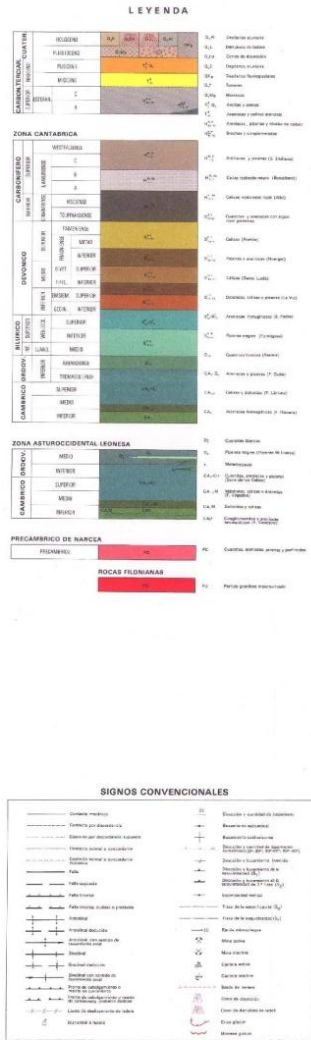
E. 1:50.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

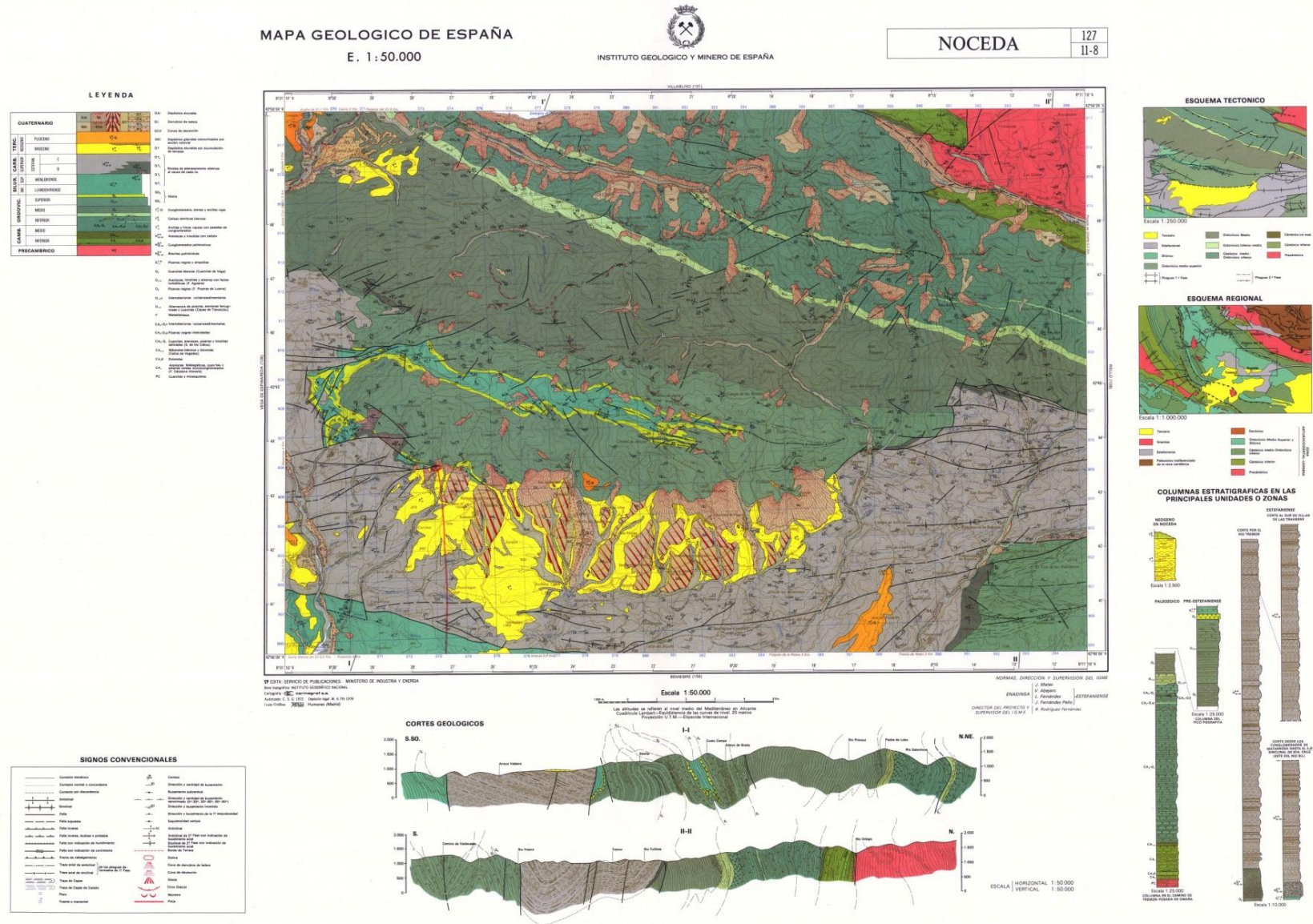
VILLABLINO

	101
	11-07





# Anejo 1. Estudio Geológico

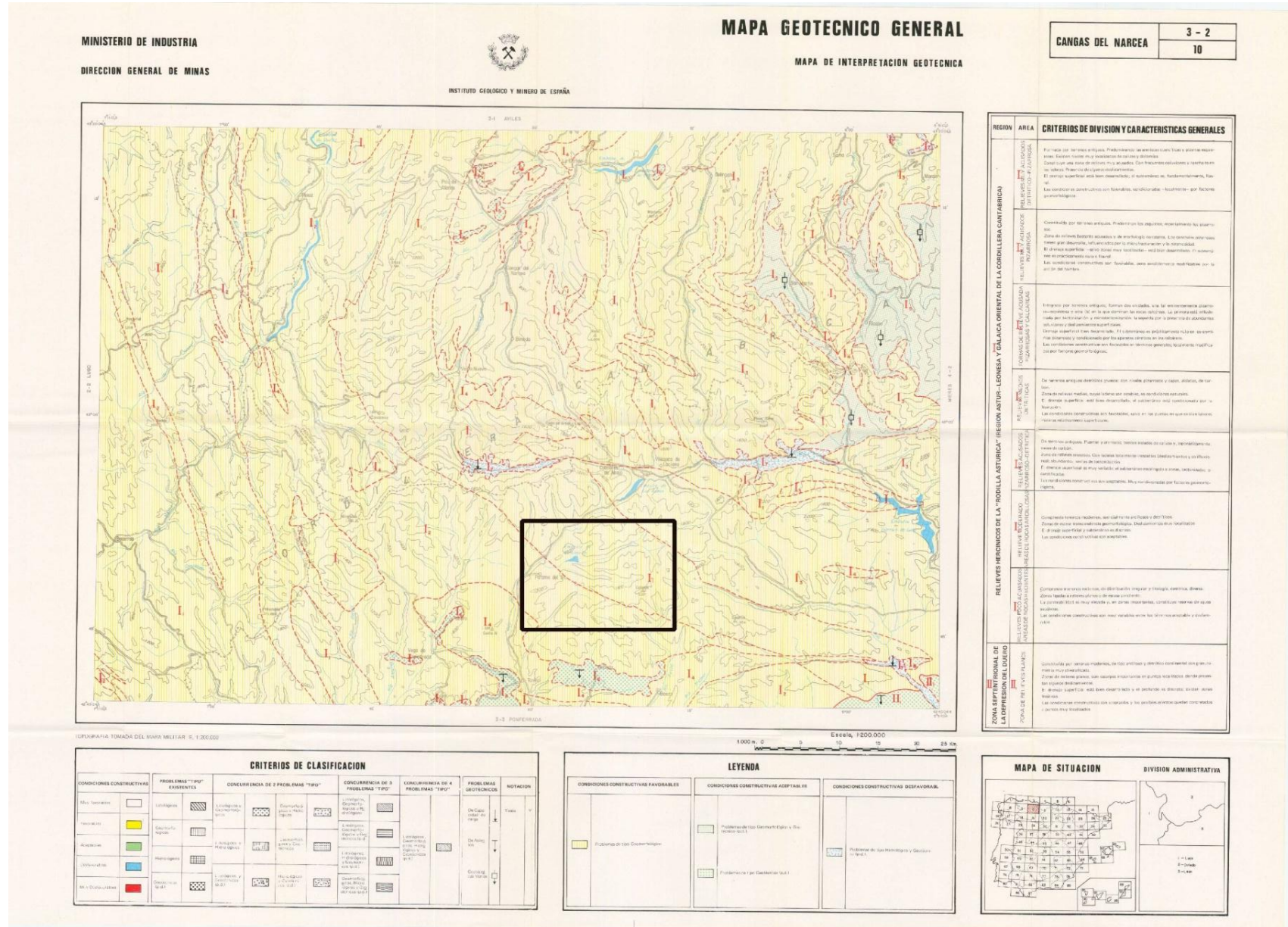


**APÉNDICE 2**


Mapa geotécnico General. Escala 1: 200.000, hoja 9



# Anejo 1. Estudio Geológico







# Anejo 2. Estudio de Alternativas

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. EMBALSE SUPERIOR .....	2
2.1. Ubicación .....	2
2.2. Forma del embalse superior.....	4
2.3. Impermeabilización del embalse .....	11
3. TUBERÍA FORZADA .....	14
3.1. Trazado y toma en el embalse inferior .....	14
3.2. Trazado de la tubería en perfil (túneles).....	22
4. SOLUCIÓN FINAL DE EMBALSE SUPERIOR TRAS ESTUDIO DE RENTABILIDAD.....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de Protección Especial. Visor de la Junta de Castilla y León .....	3
Figura 2. Imagen de Google Earth de las posibles localizaciones para el embalse superior.....	3
Figura 3. Alternativas de diseño en planta del embalse superior .....	4
Figura 4. Representaciones 3D de las Alternativas A y B de embalse superior .....	10
Figura 5. Impermeabilización mediante geotéxtil + PEAD .....	11
Figura 6. Impermeabilización mediante hormigón asfáltico .....	12
Figura 7. Impermeabilización mediante hormigón armado .....	12
Figura 8. Alternativas de trazado de tubería y toma en el embalse inferior .....	15
Figura 9. Esquema de alternativas para el trazado en perfil de la tubería .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las alternativas de embalse superior según ratio coste/volumen.....	8
Tabla 2. Clasificación diseños embalse superior.....	9
Tabla 3. Características principales Alternativas A y B .....	9
Tabla 4. Precios de las Alternativas de Impermeabilización del embalse superior .....	13
Tabla 5. Comparación técnica de las alternativas DIRECTA y ONDINAS para el trazado de la tubería.....	16
Tabla 6. Estimaciones de inversiones para las alternativas DIRECTA y ONDINAS de trazado de la tubería .....	21
Tabla 7. Estudio de Rentabilidad para Alternativas A y B .....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

Tal y como se describe en la memoria, se pretende construir una central de bombeo reversible asociada al actual aprovechamiento de Matalavilla.

En el presente anejo se pretende determinar la mejor implantación posible analizando para ello sus diversas alternativas.

Las alternativas que se estudiarán harán referencia a los siguientes componentes del proyecto:

- Embalse superior: ubicación, forma, materiales para la impermeabilización
- Tubería forzada: trazado en planta (según la toma en el embalse inferior) y trazado en perfil (según el estudio de presiones)

## 2. EMBALSE SUPERIOR

### 2.1. Ubicación

Para la construcción de un aprovechamiento hidroeléctrico reversible de acumulación por bombeo es necesaria la existencia de un determinado volumen de agua en una zona donde se pueda disponer de dos embalses, uno superior y otro inferior, a una distancia lo más reducida posible y con el máximo desnivel entre ellos.

El embalse ya existente de Matalavilla funcionará como embalse inferior.

El depósito superior queda a la elección del proyectista, pero se debe tener en cuenta las siguientes premisas:

- Estar ubicado cerca de los centros de producción o consumo, o al menos cerca de líneas de transporte de energía eléctrica de capacidad suficiente.
- Proporcionar la capacidad de embalse buscada con una variación de nivel no demasiado amplia.
- Ofrecer un desnivel de importancia, a poder ser de más de 400-500 m.
- Estar los embalses próximos entre ellos de manera que la relación entre la longitud de la conducción y el desnivel utilizado sea inferior a 5.
- Tener unas condiciones geológicas adecuadas para la construcción de las presas de embalse y de las obras subterráneas (túneles, pozos en presión y cavernas).
- No originar problemas medioambientales de solución complicada o costosa.

Esta última premisa será la que nos condicione de manera importante en el estudio, situada en el municipio de Páramo del Sil, se encuentra rodeada por los límites declarados del **espacio natural protegido del Alto Sil**, que forma parte de la Red de espacios naturales protegidos de Castilla y León, que a su vez se encuentra



considerado como LIC y ZEPA. En la figura siguiente se pueden apreciar las zonas que quedan fuera de los límites del espacio natural protegido, susceptibles para la posible ubicación del embalse superior.

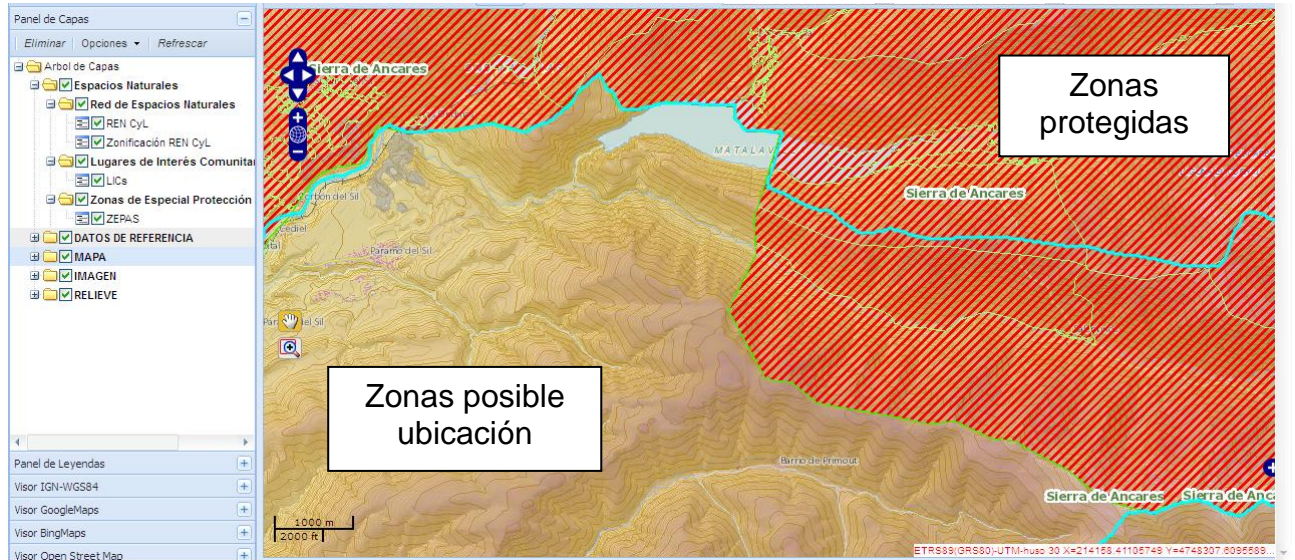


Figura 1. Zonas de Protección Especial. Visor de la Junta de Castilla y León  
(<http://www.idecyl.jcyl.es/hac/6/VCIG/Login.ini>)

Luego, es necesario hallar posibles localizaciones que tengan la altura suficiente (más de 400 - 500 m) y si es posible que estén en zonas culminares de la mayor extensión posible, para disminuir la dificultad y los costes de construcción del embalse.

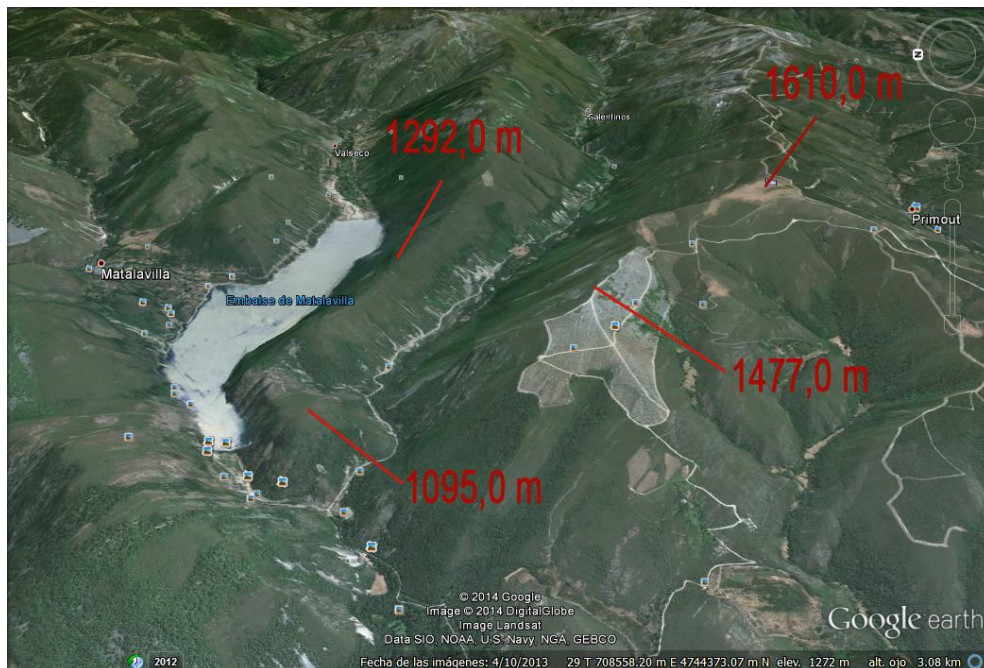


Figura 2. Imagen de Google Earth de las posibles localizaciones para el embalse superior



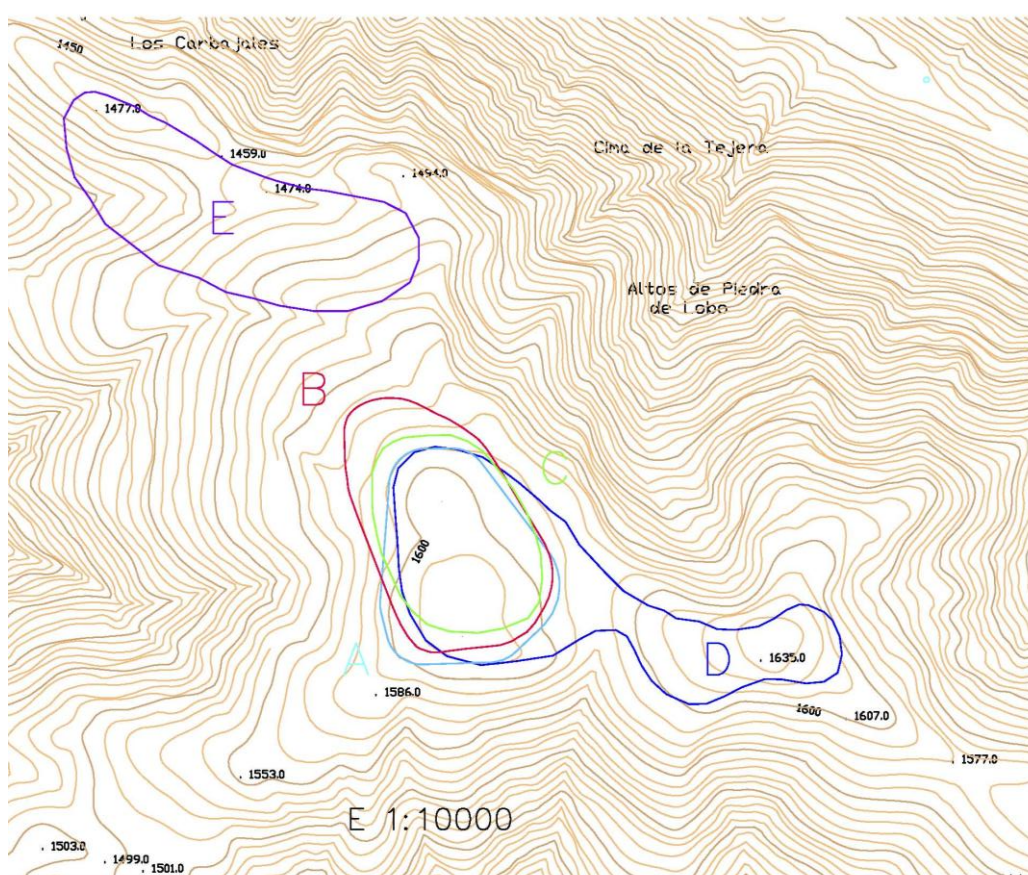
En la figura anterior se muestran las cotas máximas de las diferentes zonas culminares cercanas al embalse de Matalavilla.

Siendo la cota mínima de explotación del embalse inferior de 910 m (Anejo producciones), para hallar el desnivel adecuado (400 – 500 m o más) tendremos que descartar dos ubicaciones y tan solo estudiaremos la situada a cota 1477 msnm (Los Carbajales) y la situada a 1610 msnm (paraje de La Campona).

## 2.2. Forma del embalse superior

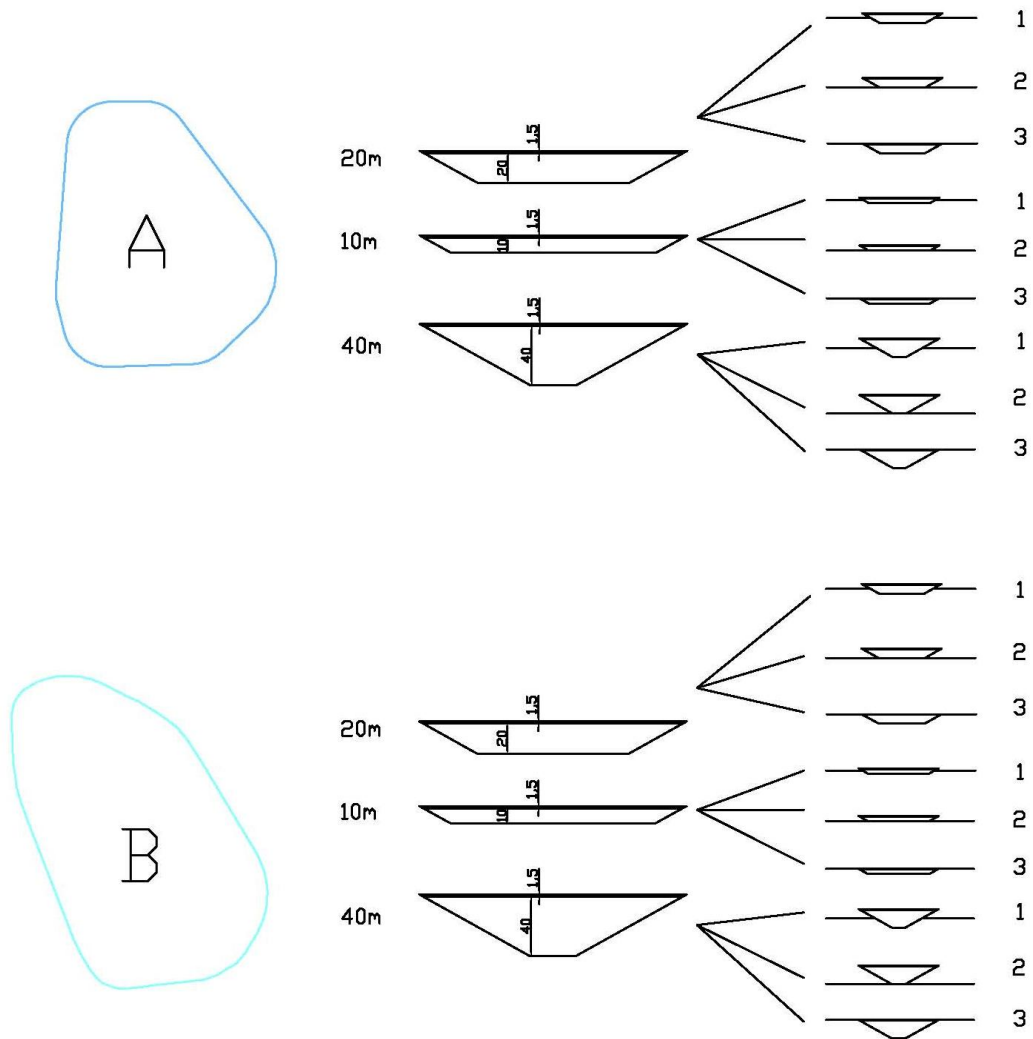
Teniendo en cuenta que se han descartado varias posibles localizaciones por motivos ambientales y unas cuantas más en razón de su cota, tan solo se estudiarán dos posibles emplazamientos. Luego se procederá a buscar una forma de embalse adecuada para conseguir un volumen aceptable. Se buscará un volumen de almacenamiento máximo, pero siempre teniendo en cuenta el movimiento de tierras y el coste que éste supone. Se buscará pues una geometría óptima que equilibre la excavación y el terraplenado, con la máxima adaptación al terreno posible.

A continuación se muestran las diferentes alternativas de diseño en planta del embalse superior:

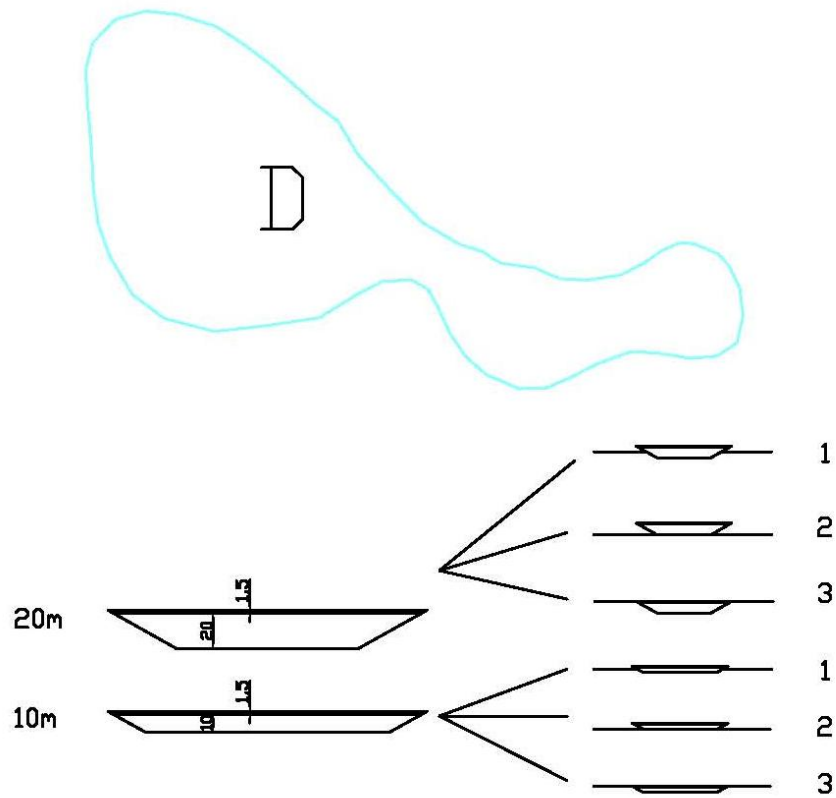
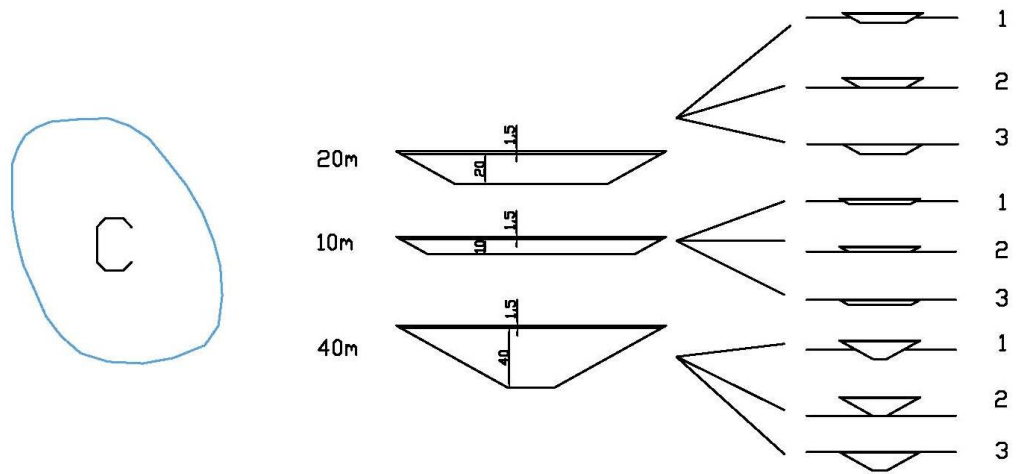


*Figura 3. Alternativas de diseño en planta del embalse superior*

En sección se han representado tres alternativas, en referencia al volumen de almacenaje, para cada una de las cinco alternativas en planta. Una para tener un calado de agua de 20 m, la segunda de 10 m y la tercera de 40 m. Luego para cada una de estas tres alternativas se han representado tres alternativas más en función de la cota del fondo del embalse en relación al terreno natural. En total serán nueve alternativas para cada una de las alternativas en planta A, B, C, D y E.



## Anejo 2. Estudio de Alternativas



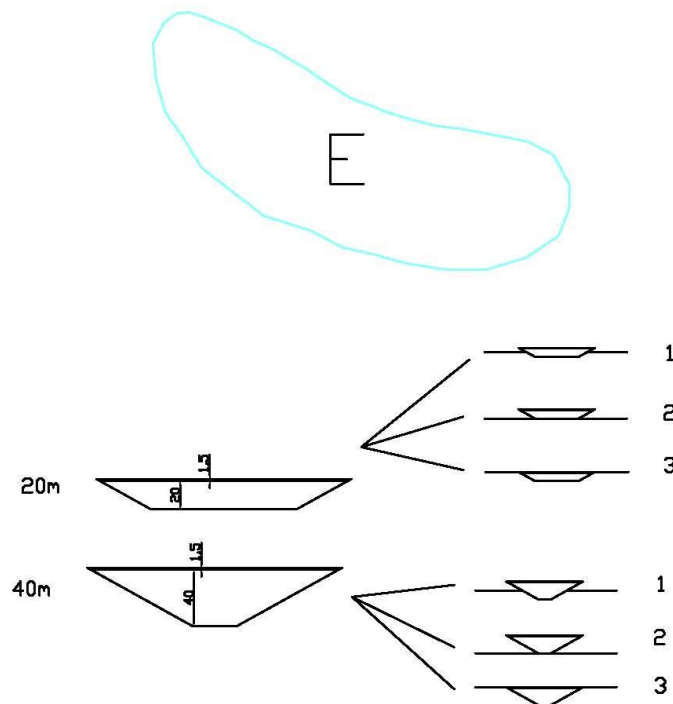


Figura 4. Nomenclatura de las alternativas de forma para el embalse superior (en sección)

Mediante la aplicaciones informáticas *AutoCad Civil 3D* y *Landesktop 2009*, se han dibujado las diferentes 39 alternativas y se han calculado los diferentes parámetros tales como volúmenes de desmonte y terraplén, máximo volumen de agua almacenable y superficie de impermeabilización, para poder realizar un sencillo estudio económico y hallar el ratio **Coste balsa / Hm<sup>3</sup> agua almacenada**. Los ratios más pequeños serán los que nos darán la solución óptima. De todos modos hay que considerar qué potencia nos producirán los diferentes volúmenes de embalse resultante. Es decir, si por ejemplo el ratio más pequeño corresponde a un embalse de dimensiones también pequeñas, quizás es insuficiente en términos de productividad energética, y sería más interesante elegir un diseño algo menos óptimo económicamente en cuanto a costes iniciales, pero con la capacidad suficiente para producir unos valores de energía competitivos (a partir de los 300 MW) y posiblemente más óptimos a la hora de amortizar los costes iniciales del proyecto.

En la tabla siguiente se puede observar la clasificación de las 45 alternativas según el ratio coste/Hm<sup>3</sup>.

Anejo 2. Estudio de Alternativas

Clasificación	millones €	Volumen de agua (m3)	millones€/hm3 agua
<b>A-20.1</b>	<b>14,24</b>	<b>2,76E+06</b>	<b>5,17</b>
C-20.1	13,08	2,37E+06	5,51
C-10.1	7,77	1,30E+06	5,97
<b>D-20.1</b>	<b>29,25</b>	<b>4,35E+06</b>	<b>6,72</b>
B-40.1	40,92	5,77E+06	7,10
B-20.3	25,62	3,44E+06	7,44
B-10.3	13,95	1,85E+06	7,55
B-20.1	27,26	3,44E+06	7,92
A-40.1	37,66	4,59E+06	8,20
C-40.1	33,42	3,92E+06	8,53
D-10.1	20,73	2,40E+06	8,63
A-20.3	24,71	2,76E+06	8,96
A-10.1	13,65	1,50E+06	9,07
C-20.3	22,40	2,37E+06	9,44
A-10.3	14,43	1,50E+06	9,59
B-40.3	58,47	5,77E+06	10,14
C-10.3	13,56	1,30E+06	10,43
D-20.3	48,00	4,35E+06	11,02
A-40.3	52,41	4,59E+06	11,41
E-20.2	44,29	3,83E+06	11,56
C-40.3	46,50	3,92E+06	11,87
D-10.3	31,01	2,40E+06	12,91
C-20.2	31,93	2,37E+06	13,46
E-20.1	55,71	3,83E+06	14,54
D-20.2	66,31	4,35E+06	15,23
E-40.1	99,03	6,32E+06	15,66
C-10.2	23,12	1,30E+06	17,78
E-40.2	122,84	6,32E+06	19,43
A-20.2	55,04	2,76E+06	19,97
E-20.3	76,92	3,83E+06	20,07
D-10.2	48,58	2,40E+06	20,23
E-40.3	130,71	6,32E+06	20,67
A-10.2	32,05	1,50E+06	21,32
B-10.1	40,32	1,85E+06	21,82
B-20.2	80,08	3,44E+06	23,26
C-40.2	101,44	3,92E+06	25,89
B-40.2	178,33	5,77E+06	30,92
A-40.2	146,79	4,59E+06	31,96
B-10.2	61,48	1,85E+06	33,27

Tabla 1. Clasificación de las alternativas de embalse superior según ratio coste/volumen

En la tabla siguiente se puede observar un extracto de los diseños con ratios más óptimos de la clasificación.

Clasificación	millones €	Volumen de agua (m3)	millones€/hm3 agua
<b>A-20.1</b>	<b>14,24</b>	<b>2,76E+06</b>	<b>5,17</b>
C-20.1	13,08	2,37E+06	5,51
C-10.1	7,77	1,30E+06	5,97
<b>D-20.1</b>	<b>29,25</b>	<b>4,35E+06</b>	<b>6,72</b>
B-40.1	40,92	5,77E+06	7,10

*Tabla 2. Clasificación diseños embalse superior*

Como podemos ver, el diseño tipo **A-20.1** resulta ser el más económico además de proporcionar un volumen adecuado y una potencia razonable (450 MW). Es por eso que los siguientes diseños C-20.1 y C-10.1 se descartan, por no proporcionar suficiente potencial. Luego se ha decidido estudiar también el diseño **D-20.1** dado que, aunque no resulte tan económico como el primer diseño (A-20.1), proporciona una potencia 1,6 veces mayor (715 MW), por lo que puede resultar interesante tener en cuenta estos dos diseños de embalse superior en el resto de cálculos del proyecto (dimensionamiento de tubería forzada, de turbo-bomba, túneles, pérdidas, etc.) hasta realizar el presupuesto del coste final y comparar mediante un estudio de rentabilidad ambas alternativas y elegir la más rentable y que suponga un riesgo de inversión menor.

En los siguientes Anejos de cálculo del proyecto nombraremos a las dos alternativas:

A-20.1  Alternativa A  
D-20.1  Alternativa B

Sus características principales son:

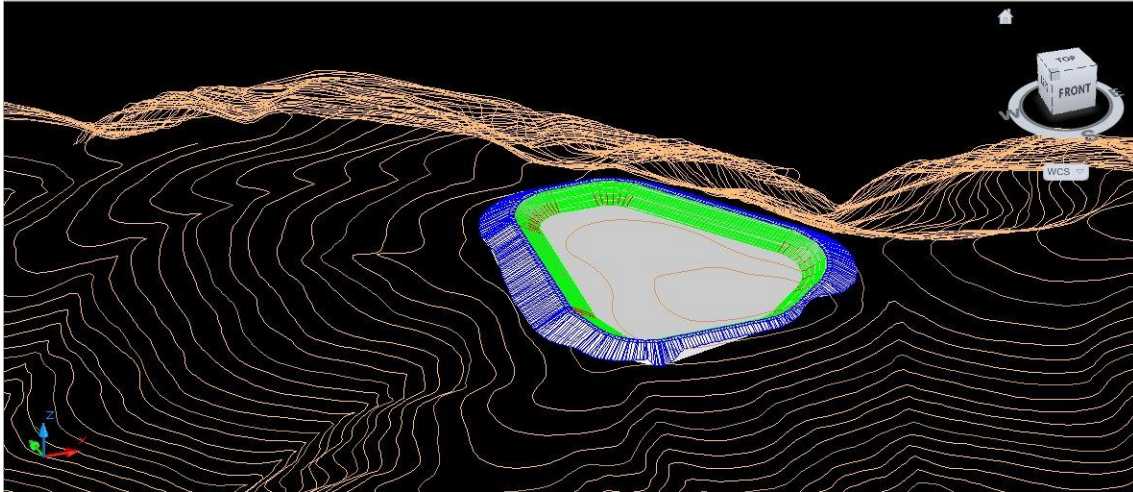
Alternativa A (A-20.1)	Alternativa B (D-20.1)
Volumen: 2,7 Hm <sup>3</sup>	Volumen: 4,3 Hm <sup>3</sup>
Horas turbinación: 10 h	Horas turbinación: 10 h
Caudal turbinación: 75 m <sup>3</sup> /s	Caudal turbinación: 119,4 m <sup>3</sup> /s
Horas bombeo: 14 h	Horas bombeo: 14 h
Caudal bombeo: 53,6 m <sup>3</sup> /s	Caudal bombeo: 85,3 m <sup>3</sup> /s
Potencia: 450 MW	Potencia: 715 MW
Salto: 663,5 m	Salto: 663,5 m

*Tabla 3. Características principales Alternativas A y B*

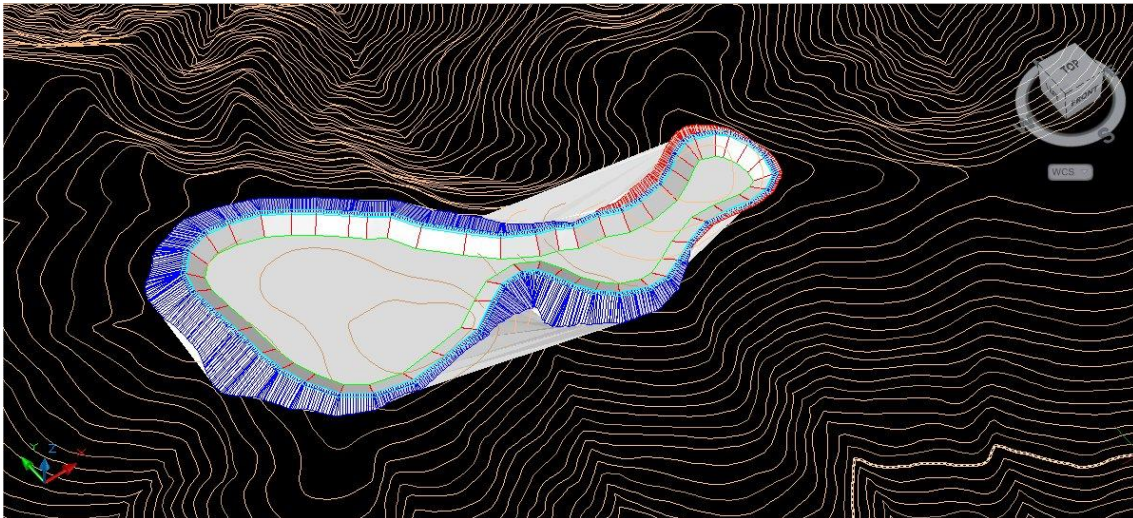


A continuación se representan las imágenes 3D de las dos alternativas, obtenidas con las aplicaciones *AutoCad Civil 3D* y *Landesktop 2009*:

Alternativa A (A-20.1). Cotas: 1610 – 1588,5. Ratio: 5,17 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua.



Alternativa B (D-20.1). Cotas: 1610 – 1588,5. Ratio: 6,72 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua.



*Figura 4. Representaciones 3D de las Alternativas A y B de embalse superior*

En el Apéndice 1, al final del presente anejo, se muestra la visualización 3D de todas las balsas estudiadas. El Apéndice 2 contiene las hojas de cálculo utilizadas para calcular los costes de ejecución de las diferentes alternativas de embalse superior, teniendo en cuenta los costes de terraplén y desmonte, el coste del transporte de material sobrante, el coste de la impermeabilización de la balsa y los drenajes, etc.



## 2.3. Impermeabilización del embalse

Se van a estudiar tres opciones diferentes de impermeabilización del depósito superior. A continuación se describen y se explican sus ventajas e inconvenientes así como la opción finalmente adoptada.

### Alternativa PEAD

La impermeabilización se realiza mediante un fieltro geotéxtil y la lámina de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) impermeabilizante. Es un método algo innovador para la envergadura de este tipo de embalses pero es con diferencia el material más impermeabilizante y económico. El hecho que el depósito tenga una forma irregular puede dificultar un poco la colocación del geotéxtil, ya que habrá que sellar juntas, y por otro lado, al ser la impermeabilización delgada, puede resultar vulnerable a agentes externos o a sabotaje. Esto se solventa manteniendo un control constante de los niveles del embalse instalando sensores reguladores de calado.

En el vaso de la balsa se dispondrán muertos prefabricados de hormigón en todo el perímetro para garantizar la no flotabilidad y la sujeción de la lámina en su apoyo sobre el vaso de la balsa.

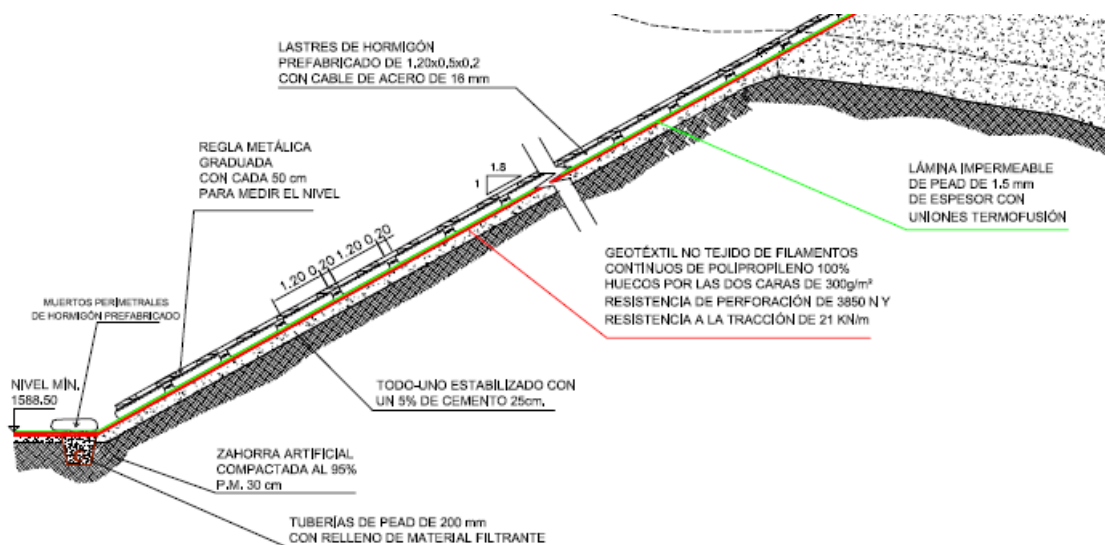


Figura 5. Impermeabilización mediante geotéxtil + PEAD

### Alternativa ASFALT

En esta opción la impermeabilización del embalse se realiza mediante hormigón asfáltico. Esta opción se adaptaría bien al terreno y a la geometría existente. Sin embargo el coste de los materiales es considerablemente el más caro de las tres alternativas.

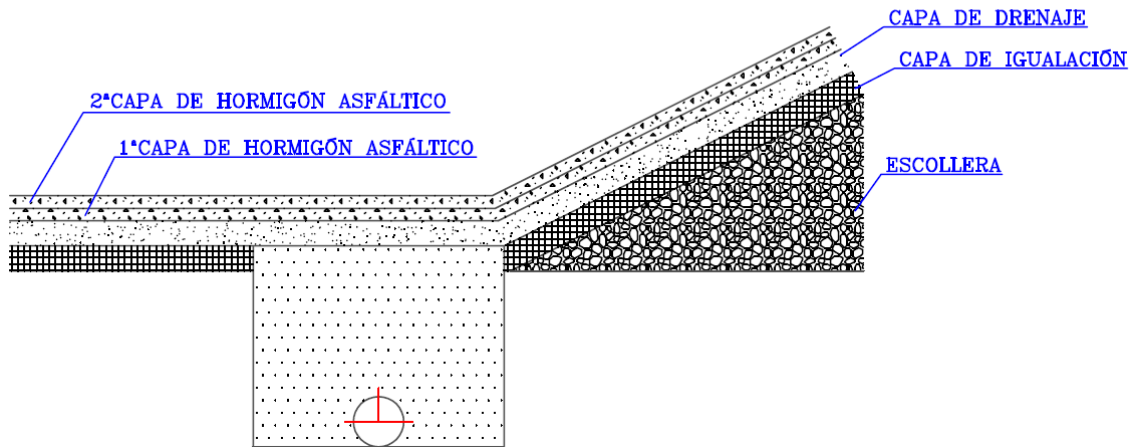


Figura 6. Impermeabilización mediante hormigón asfáltico

### Alternativa HORMIGÓN

Aquí la impermeabilización se realiza con hormigón (unos 20 cm de espesor) y su correspondiente armadura. Anteriores experiencias demuestran que para volúmenes tan elevados de depósitos, los asientos del terreno son muy diferidos creando problemas de fisuración que pueden ocasionar la parada en el funcionamiento del aprovechamiento y en muchos casos obligar al vaciado completo del depósito.

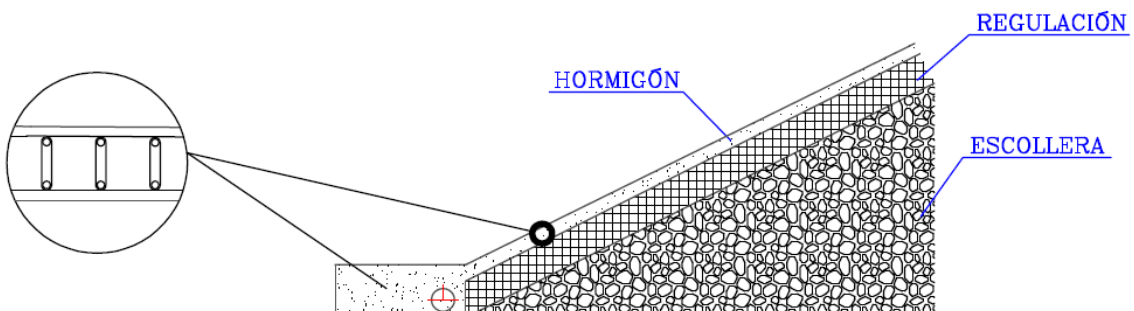


Figura 7. Impermeabilización mediante hormigón armado

A continuación se muestra el resumen de los costes económicos de cada alternativa planteada. Con diferencia, la Alternativa PEAD es la más económica y la ASFALT la más costosa. En el Apéndice 3 se muestra la hoja de cálculo completa de la justificación económica de los costes de las diferentes alternativas.

Anejo 2. Estudio de Alternativas

	millones €	millones€/ hm <sup>3</sup> agua	Sobrecostes
A(PEAD)	14,241	5,167	
A(ASFALT)	25,022	9,079	75,71%
A(HORMIGÓN)	19,210	6,970	34,89%
B(PEAD)	29,251	6,718	
B(ASFALT)	49,116	11,279	67,91%
B(HORMIGÓN)	32,094	7,370	9,72%

Tabla 4. Precios de las Alternativas de Impermeabilización del embalse superior

La solución adoptada dependerá de diferentes factores:

Aspectos técnicos	Puntuación máxima	Alternativa PEAD	Alternativa ASFALT	Alternativa HORMIGÓN
Impermeabilidad	3	2,5	2	1,5
Capacidad para absorber asientos diferenciales en embalse	2,5	2,5	1,5	1
Durabilidad	2	1	1,5	2
Vulnerabilidad	2,5	1	1,5	2,5
TOTAL	10	7	6,5	7

Aspectos económicos	Puntuación máxima	Alternativa PEAD	Alternativa ASFALT	Alternativa HORMIGÓN
TOTAL	10	9,5	4	7

	Aspectos técnicos (40%)	Aspectos económicos (60%)	Puntuación total
Alternativa PEAD	2,8	5,7	<b>8,5</b>
Alternativa ASFALT	2,6	2,4	5,0
Alternativa HORMIGÓN	2,8	4,2	7,0

**SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa PEAD**

Con diferencia, la alternativa PEAD resulta la más económica y la más adecuada. Como ya se ha comentado anteriormente, es una solución algo innovadora para embalses de grandes dimensiones, por eso se han detallado los distintos elementos que conforman el conjunto del embalse en el documento de los planos. En posibles proyectos posteriores se aconsejaría realizar una modelización del embalse mediante elementos finitos para poder estudiar las solicitaciones del embalse. En caso de optar por una solución más conservadora se seleccionaría la alternativa HORMIGÓN, puesto que es la segunda más económica y la más común en la mayoría de embalses.

### **3. TUBERÍA FORZADA**

#### **3.1. Trazado y toma en el embalse inferior**

Tras seleccionar en el apartado anterior la posición, forma y materiales del embalse superior, se plantean dos variantes para el trazado en planta de la tubería que conectará el embalse superior con el inferior de Matalavilla.

En la primera variante (Alternativa DIRECTA) se construye una toma directa en el embalse de Matalavilla. En la segunda (Alternativa ONDINAS), se proyecta la conexión con la galería de presión de la central hidroeléctrica de Ondinas (aguas abajo del embalse de Matalavilla).

La primera variante, DIRECTA, proyecta la toma del aprovechamiento, según la batimetría aproximada, donde la toma quede sumergida cuando el nivel del embalse esté en el mínimo para su explotación. Siendo la altura de la embocadura de la toma de unos 10 m aproximadamente, para que la toma quede sumergida se debería situar a una cota de fondo como mínimo de 900 msnm, tal y como se muestra en la figura siguiente.



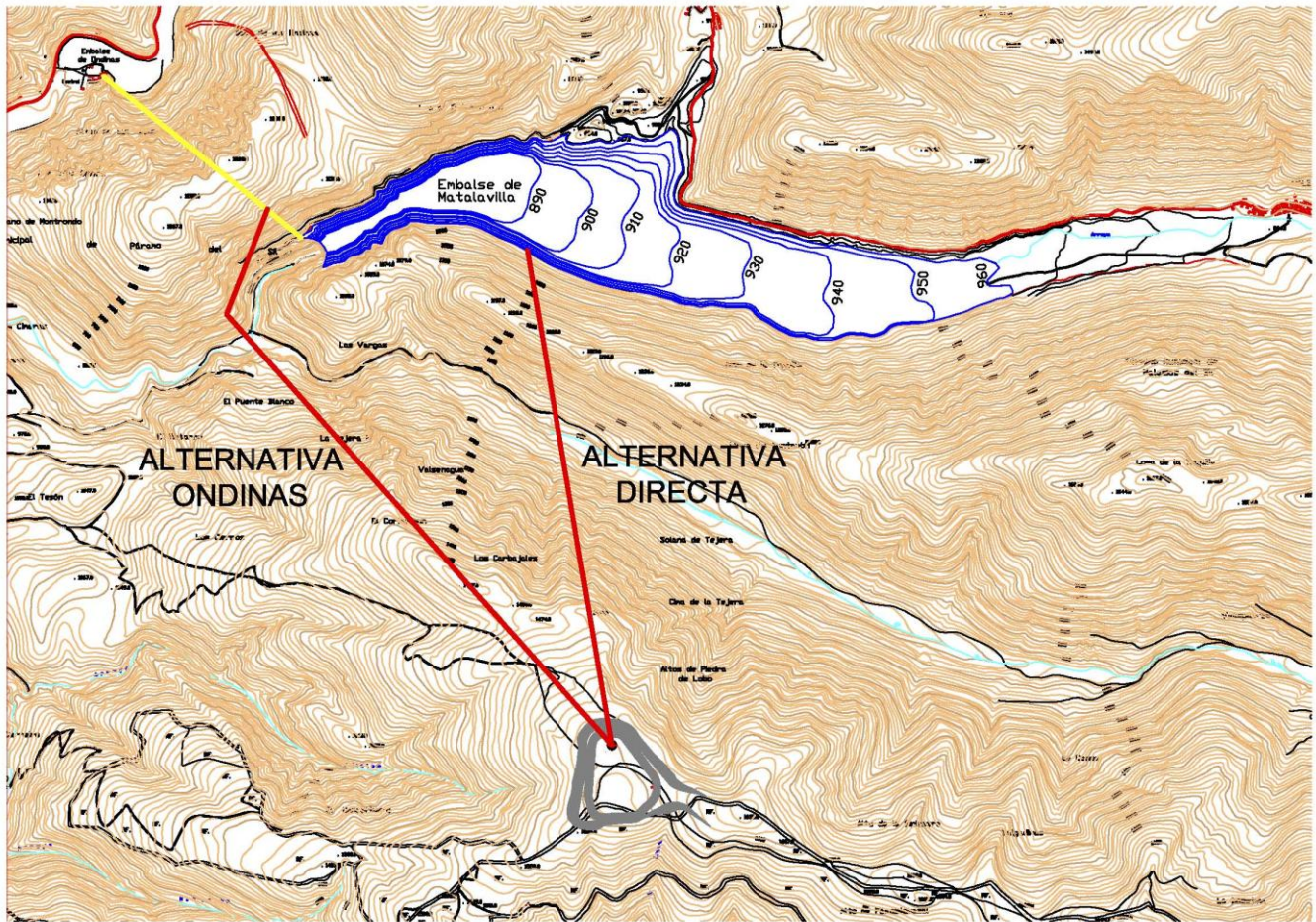


Figura 8. Alternativas de trazado de tubería y toma en el embalse inferior

La segunda variante supone un circuito hidráulico de mayor longitud, pero permite ubicar la central en un edificio exterior, frente a la central en caverna de la Alternativa DIRECTA. Esta solución tan solo se plantea por permitir una menor afectación a la explotación del embalse en fase de construcción, ya que permite ahorrarse la construcción de una nueva toma en el embalse de Matalavilla aprovechando la toma ya existente de la C.H. de Ondinas. De este modo tan solo requiere la construcción de un emboquille que conecte el final de la galería de baja presión del A.H. del presente proyecto con la conducción de la C.H. de Ondinas. La conducción que conecta el embalse de Matalavilla con la C.H. de Ondinas tiene un diámetro útil de 4,9 m, por lo que la Alternativa ONDINAS se podrá contemplar para la Alternativa A de embalse, pero no para la Alternativa B, debido a que el diámetro dimensionado para la conducción de esta última es demasiado grande y no se podría adaptar al de la conducción de la C.H. de Ondinas. Tal y como se ha calculado en el Anejo de Cálculos Hidráulicos, los dimensionamientos de las tuberías de alta y baja presión para las alternativas A y B de embalse son 4,5 m y 5,5 m respectivamente.

Por lo tanto, el diámetro de 4,5 m sí se podría adaptar al de 4,9 m de la conducción de Ondinas, pero no el de 5,5 m. Es por eso que sólo se tendrá en cuenta para esta toma de decisiones la Alternativa A.

En la tabla siguiente se muestran las diferencias principales de ambas variantes.

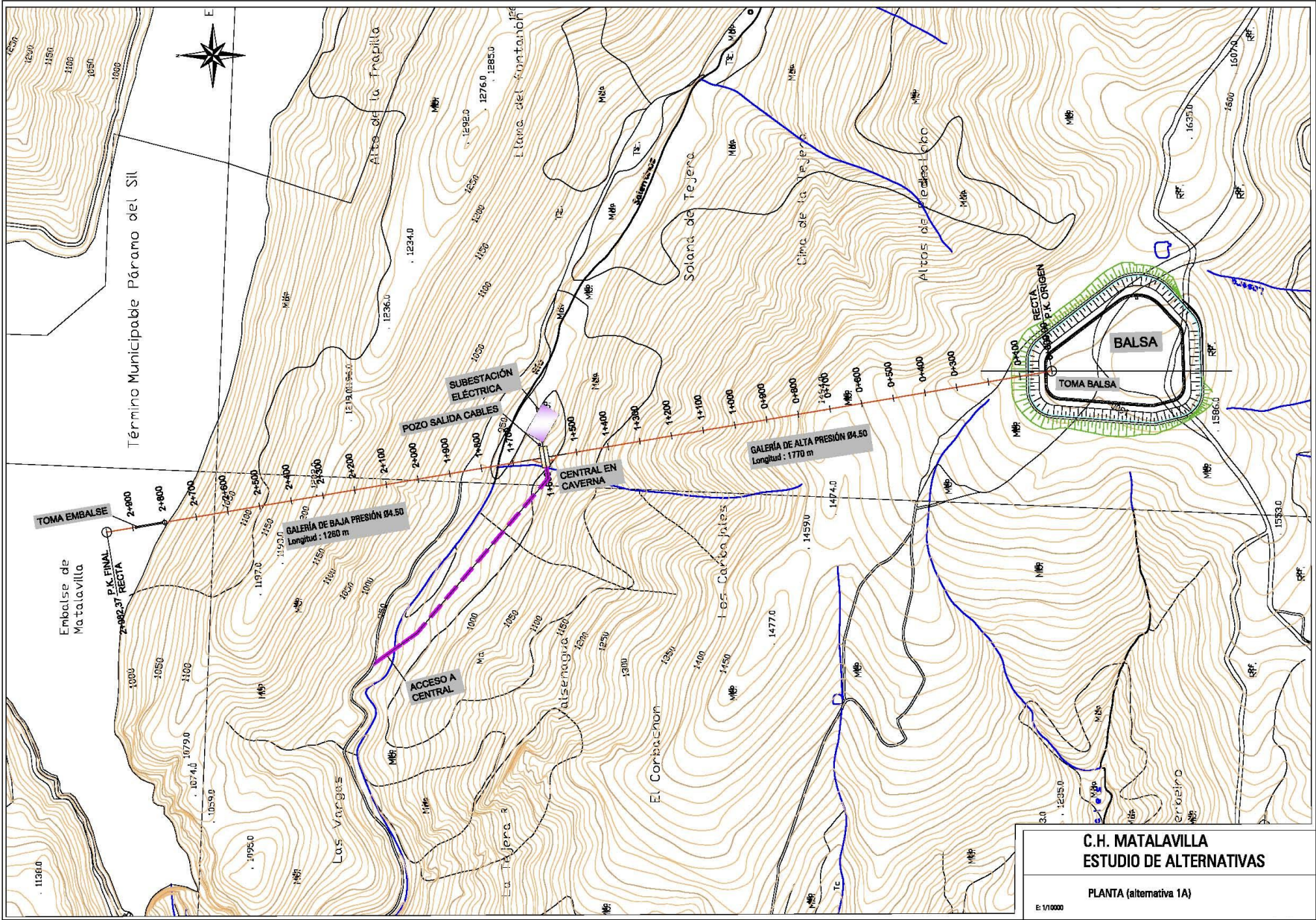
	Alternativa DIRECTA	Alternativa ONDINAS
Condiciones geológicas		Orientación estratigráfica sensiblemente paralela a la traza de la galería de alta presión
Longitud tubería alta presión	1770	3040
Longitud tubería baja presión	1260	950
Longitud total	3030	3990
Edificio central	En caverna	Exterior
Acceso a la central	Túnel 700 m	
Acceso a la toma	Acondicionamiento camino existente / 3200 m	
Línea de evacuación	12,5 km	11 km
Afectación C.H. Ondinas (t)	6 meses	1 mes
Afectación C.H. Ondinas (GWh)	48,4 GWh	8,1 GWh

Tabla 5. Comparación técnica de las alternativas DIRECTA y ONDINAS para el trazado de la tubería.

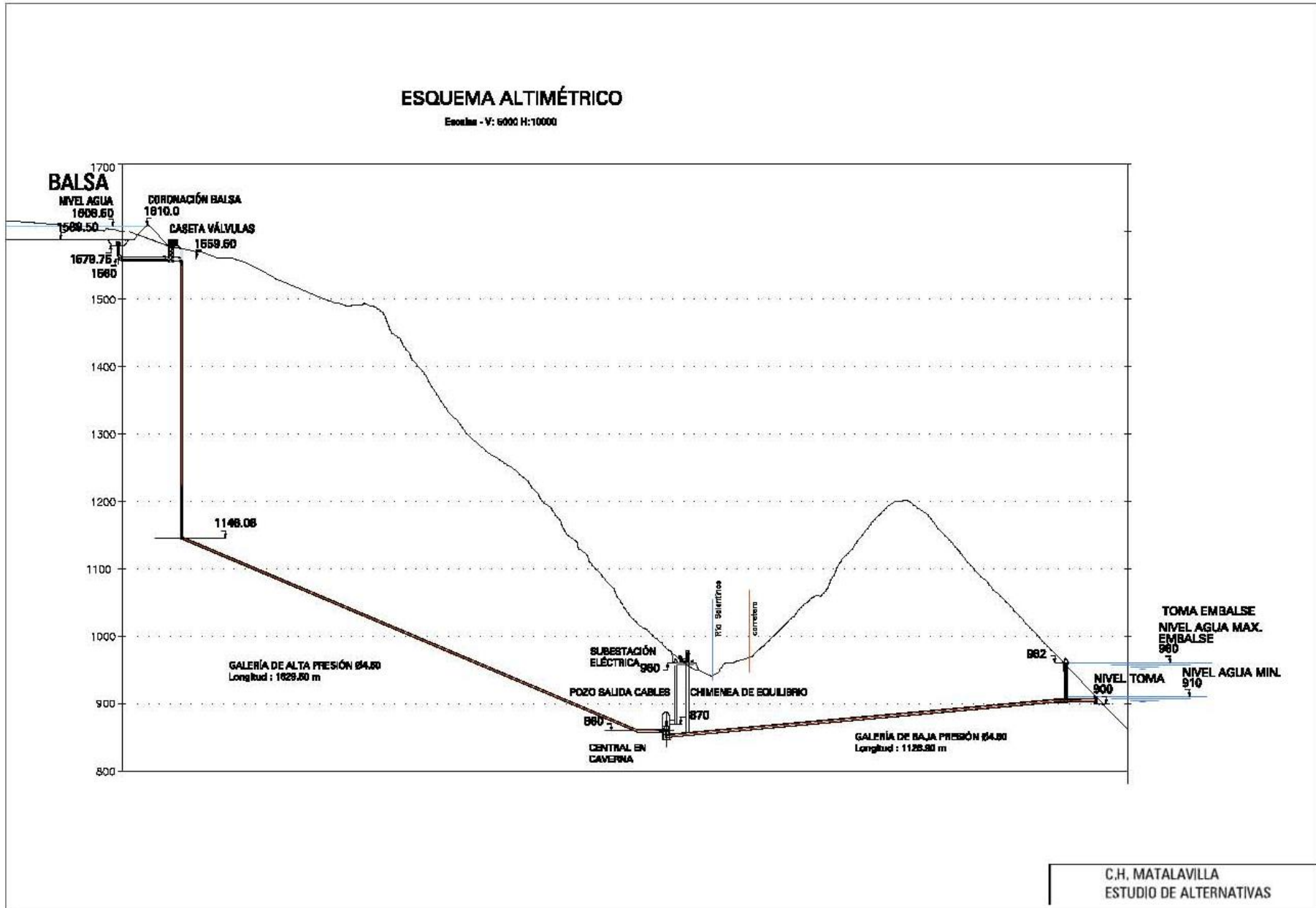
A continuación se muestran los planos en planta y altimétricos de ambas alternativas.



## Anejo 2. Estudio de Alternativas

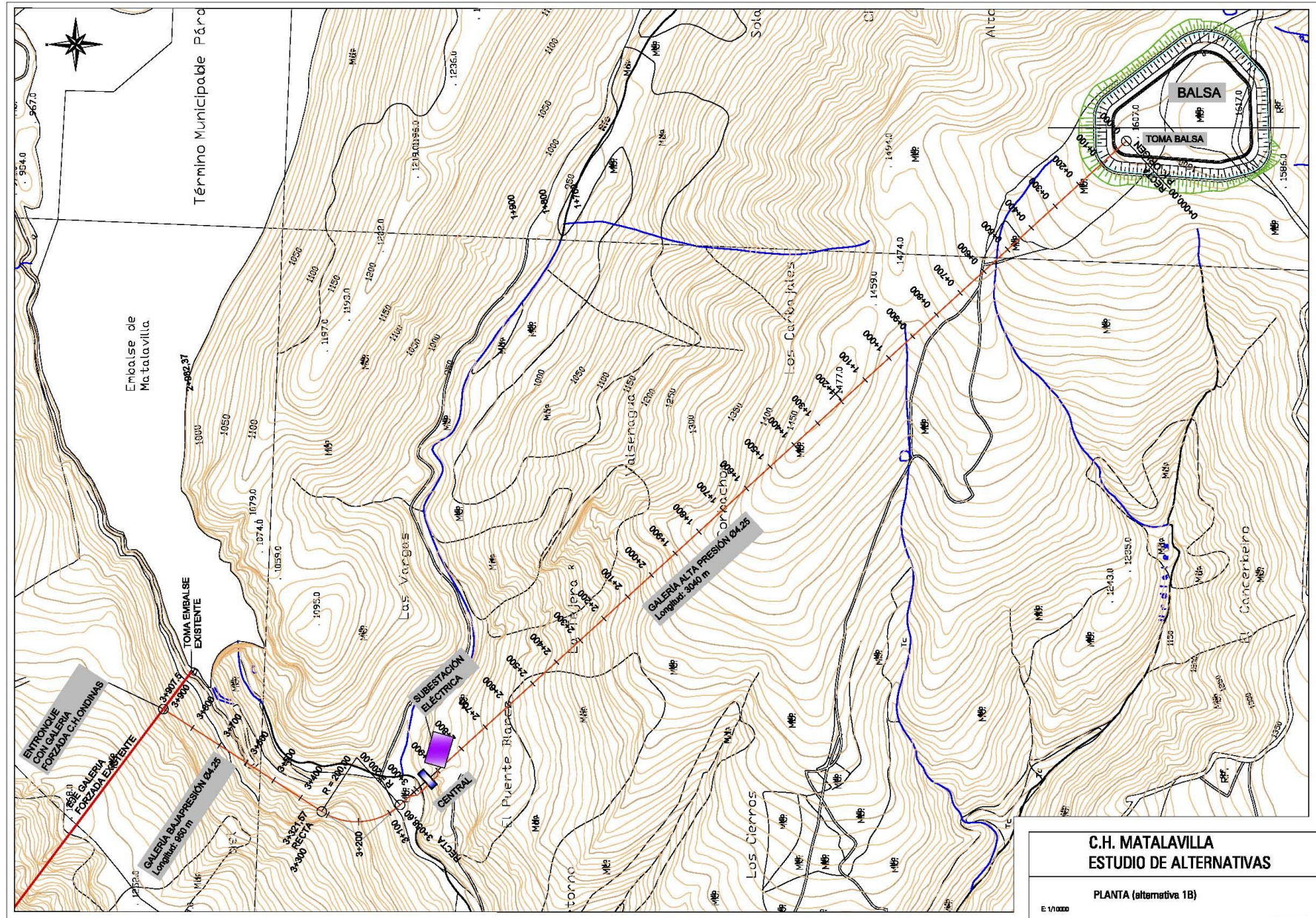






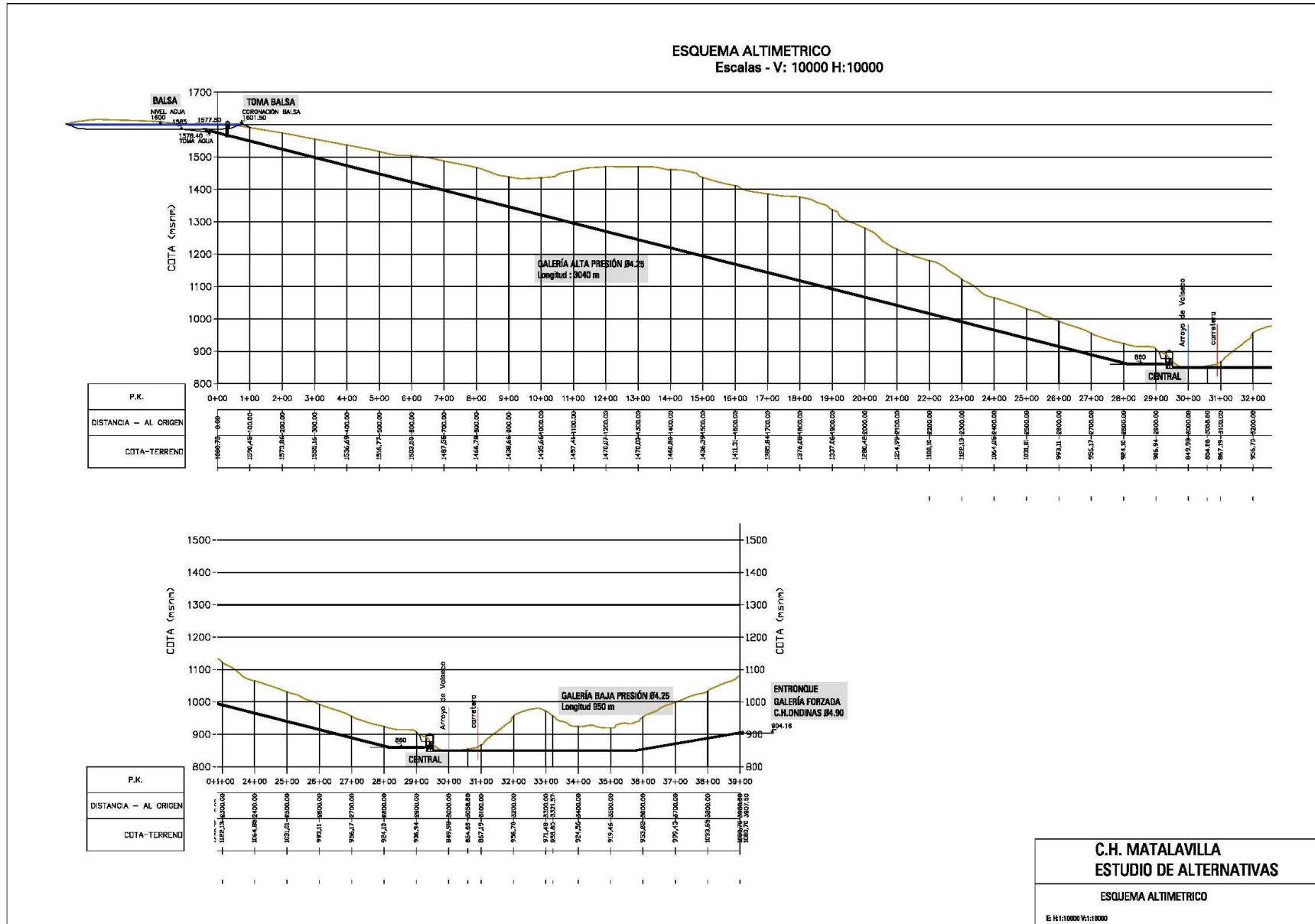


## Anejo 2. Estudio de Alternativas





## Anejo 2. Estudio de Alternativas



En la tabla siguiente se muestran las estimaciones de inversiones para cada alternativa.

Estudio de alternativas Trazado	Alternativa DIRECTA	Alternativa ONDINAS
Embalse superior	19000	19000
Toma superior	1800	1800
Galería alta presión	62000	120000
Central	26000	20800
Galería baja presión	27000	15000
Toma inferior	4000	1500
Equipos electromecánicos	60000	60000
Equipos eléctricos	8000	8000
Equipos auxiliares	1200	1200
SET (subestación transformadora)	9000	8500
Automatismos y control	8600	8600
Línea de evacuación	5500	4900
Accesos	15600	0
<b>Subtotal</b>	<b>247700</b>	<b>269300</b>
Imprevistos (10%)	24770	26930
Presupuesto de seguridad y salud	460	460
Licencias, impuestos (3%)	7431	8079
Proyectos y Dirección de obra (5%)	12385	13465
<b>Total inversión</b>	<b>292746</b>	<b>318234</b>
Afectación CH Ondinas	3000	500
	<b>295746</b>	<b>318734</b>
#Datos en EUR*1000	48,8GWh 6meses	8,1GWh 1mes

Tabla 6. Estimaciones de inversiones para las alternativas DIRECTA y ONDINAS de trazado de la tubería<sup>1</sup>

Tal y como se puede observar en la tabla anterior, la Alternativa DIRECTA sigue siendo la más económica con una diferencia de unos 23 millones de euros.

**SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa DIRECTA**

<sup>1</sup> Las estimaciones se han realizado mediante los presupuestos realizados en el resto de alternativas que conforman el proyecto y utilizando el banco de precios del BEDEC además de presupuestos de otros proyectos parecidos.

### 3.2. Trazado de la tubería en perfil (túneles)

Una vez determinada la posición de los diferentes elementos que integran la central se pretende determinar cuál es el perfil más conveniente para el circuito hidráulico, el cual está integrado por dos elementos principales: la galería de alta presión que une la balsa con la caverna y la galería de baja presión que une la caverna con el embalse.

Dada la posición relativa de la caverna respecto al embalse, determinada por la sumergencia de la turbo-bomba y la topografía del terreno, la galería de baja presión no presenta alternativas posibles, a excepción de si su construcción se efectúa con tuneladora o en mina.

Por contra, sí se presentan diversas alternativas al perfil del circuito hidráulico de la galería de alta presión, las cuales se pretenden analizar con el objeto de determinar la solución óptima.

Las alternativas que se analizan son tres.

- **Alternativa 1: Galería construida en mina.** La pendiente máxima para este tipo de construcción se sitúa sobre el 22%, por lo que deberá realizarse un pozo de 400 m de longitud desde la balsa hasta alcanzar el tramo inclinado, el cual conectará, con pendiente constante, con la caverna. La longitud del circuito hidráulico en alta presión de esta alternativa es de 2.102 m

- **Alternativa 2: Galería construida con tuneladora.** Se pueden adoptar pendientes muy pronunciadas, por lo que se buscará el trazado más corto. La longitud del circuito hidráulico en alta presión de esta alternativa es de 1.832 m

- **Alternativa 3: Tubería exterior.** Esta solución partirá de la balsa y circulará por la ladera hasta casi la vertical de la caverna, desde donde deberá realizarse un pozo vertical de conexión con ésta de unos 125 m de longitud. La longitud total del circuito hidráulico de alta presión de esta alternativa es de 1.885 m.

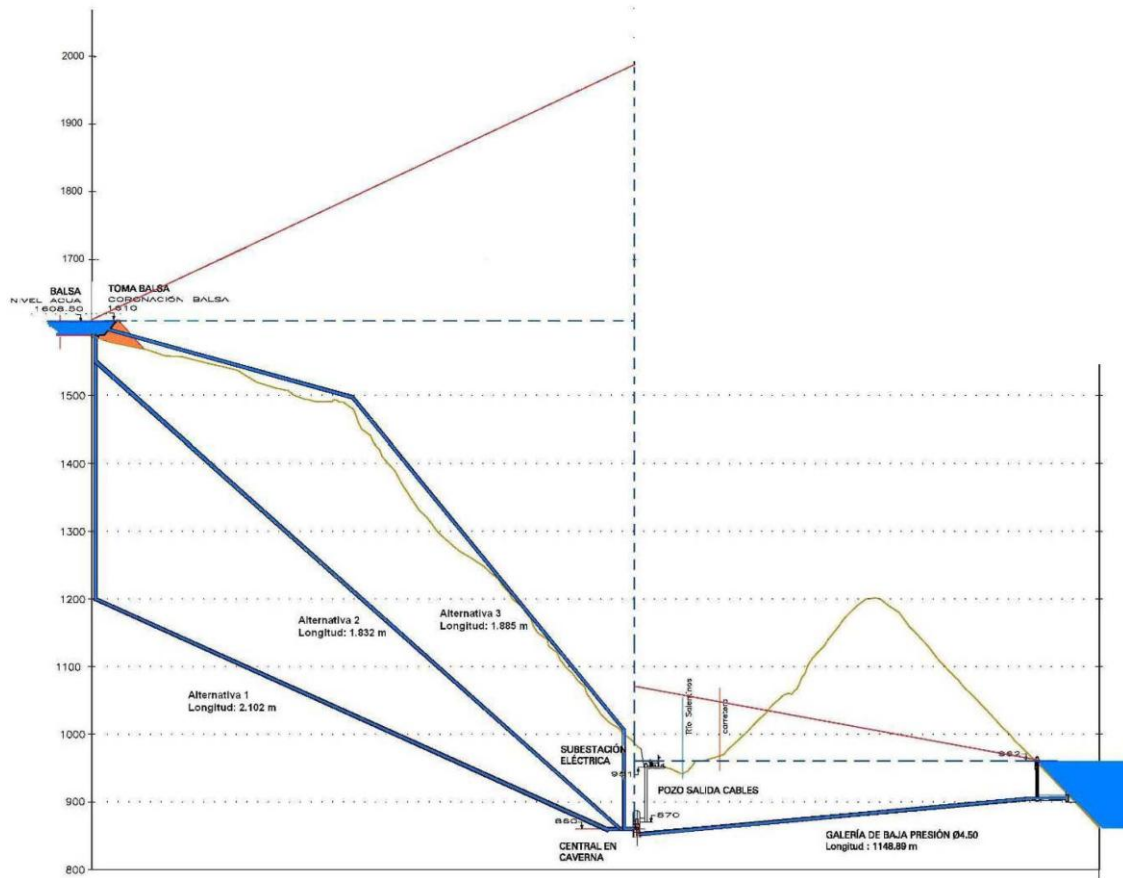


Figura 9. Esquema de alternativas para el trazado en perfil de la tubería

De las tres alternativas, la Alternativa 2 es la que, a priori, parecería la más conveniente, dado que es la que presenta menor longitud y la colaboración de la roca implicará un importante ahorro en acero respecto a la solución 3, ahorro que probablemente compense el sobrecoste derivado de la excavación del propio túnel. No obstante se estudia la Alternativa 1, en mina, dado que la corta longitud del túnel quizás no compense el empleo de una tuneladora, lo cual justificaría esta solución. En el Anejo 5 de Estudio de Túneles se ha realizado un cálculo de las sobrepresiones por golpe de ariete a lo largo de la tubería así como de los correspondientes espesores de acero (que dependen de las sobrepresiones) y que serán los que básicamente determinarán los costes de las diferentes alternativas.

A continuación se presenta el resumen de los costes de cada alternativa.

Para la **Alternativa A** de embalse:

Alternativa 1: Galería construida en mina

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	47,24	18,68	65,92 M€
Excavación	8,01	4,91	12,92 M€
Revestimiento	5,99	3,67	9,66 M€
<b>TOTAL</b>	<b>61,24</b>	<b>27,26</b>	<b>88,50 M€</b>

Alternativa 2: Galería construida con tuneladora

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	37,26	18,68	55,93 M€
Tuneladora (incluye excavación, sostenimiento y revestimiento)	34,26	23,97	58,24 M€
<b>TOTAL</b>	<b>71,52</b>	<b>42,65</b>	<b>114,17 M€</b>

Alternativa 3: Tubería exterior

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje (Tubería exterior)	60,58		60,58 M€
Auxiliares tub. Exterior	5,00		5,00 M€
Blindaje (Pozo y enterrada)	4,05	18,60	22,65 M€
Excavación y Sostenimiento	0,47	4,81	5,28 M€
Revestimiento	0,36	3,66	4,01 M€
<b>TOTAL</b>	<b>70,45</b>	<b>27,07</b>	<b>97,52 M€</b>

Para la **Alternativa B** de embalse:

Alternativa 1: Galería construida en mina

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	69,66	22,81	92,47 M€
Excavación	11,10	6,80	17,90 M€
Revestimiento	7,16	4,39	11,55 M€
<b>TOTAL</b>	<b>87,92</b>	<b>34,00</b>	<b>121,92 M€</b>

Alternativa 2: Galería construida con tuneladora

	Galería		
	AP	Galería BP	Total
Blindaje	52,46	22,81	75,26 M€
Tuneladora (incluye excavación, sostenimiento y revestimiento)	38,59	27,00	65,59 M€
<b>TOTAL</b>	<b>91,05</b>	<b>49,81</b>	<b>140,86 M€</b>

Alternativa 3: Tubería exterior

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje (Tubería exterior)	88,50		88,50 M€
Auxiliares tub. Exterior	5,00		5,00 M€
Blindaje (Pozo y enterrada)	6,04	22,72	28,76 M€
Excavación y Sostenimiento	0,47	4,81	5,28 M€
Revestimiento	0,36	3,66	4,01 M€
<b>TOTAL</b>	<b>100,37</b>	<b>31,18</b>	<b>131,55 M€</b>

Como se puede observar la Alternativa 1 de galería construida en mina resulta ser la más económica<sup>2</sup> para ambas alternativas de embalse A y B. El coste de utilización de la tuneladora no se amortiza para una distancia tan pequeña y el coste de la tubería exterior supera el de la galería. La Alternativa 1 evita además el impacto ambiental que la obra exterior supondría.

**SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa 1 Galería en mina**

## 4. SOLUCIÓN FINAL DE EMBALSE SUPERIOR TRAS ESTUDIO DE RENTABILIDAD

Después de realizar los presupuestos de toda la obra para cada una de las alternativas de embalse superior (A y B) se ha realizado un estudio de rentabilidad (consultar Anejo 12 de Estudio de Rentabilidad) para poder seleccionar la solución adoptada.

Los criterios de evaluación más utilizados en los proyectos de aprovechamientos hidroeléctricos son el índice Beneficio/Costo y la TIR, que indican la rentabilidad positiva cuando el valor del parámetro es mayor a 1 o mayor que el coste del dinero

<sup>2</sup> La justificación de los precios se encuentra en el Anejo de Estudio de Túneles



para la empresa promotora, respectivamente, mientras que el VAN suele utilizarse con más frecuencia en los estudios financieros. Para comparar las diferentes alternativas se han tenido en cuenta diferentes escenarios futuros en relación a las diferencias entre los precios de bombeo y turbinación. El escenario optimista, cuando la diferencia de precios de bombeo y turbinación es alta; el escenario medio, cuando la diferencia es la esperada; y escenario pesimista, cuando la diferencia es pequeña. En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos en el estudio de rentabilidad:

	Optimista	Medio	Pesimista	
TIR (50 años)*	17,52%	13,72%	5,60%	Alt. A Inversión 325,55M€
VAN (50 años)**	698	475	29	
Beneficio/Costo	2,14	1,46	0,09	
TIR (50 años)*	16,57%	12,88%	4,87%	Alt. B Inversión 510,19M€
VAN (50 años)**	1.008	669	-10	
Beneficio/Costo	1,97	1,31	-0,02	
	Optimista	Medio	Pesimista	

### Precios de energía

		Turbina	Bomba
Optimista	€/MWh	140,00	40,00
Medio	€/MWh	120,00	40,00
Pesimista	€/MWh	80,00	40,00

\* después de impuestos

\*\* en Millones de €

Tabla 7. Estudio de Rentabilidad para Alternativas A y B

Como se puede observar, la Alternativa B nos da valores absolutos de VAN mayores que la Alternativa A, tal y como sería de esperar al representar la B una solución de embalse de dimensiones notablemente mayores, y por lo tanto con una potencia de generación mayor en comparación a la A.

La Alternativa A presenta mejores valores relativos de TIR y de Beneficio/Costo (VAN/Inversión) que la B. Además en el escenario pesimista la Alternativa B presenta un valor de VAN negativo, lo que significa un mayor riesgo.

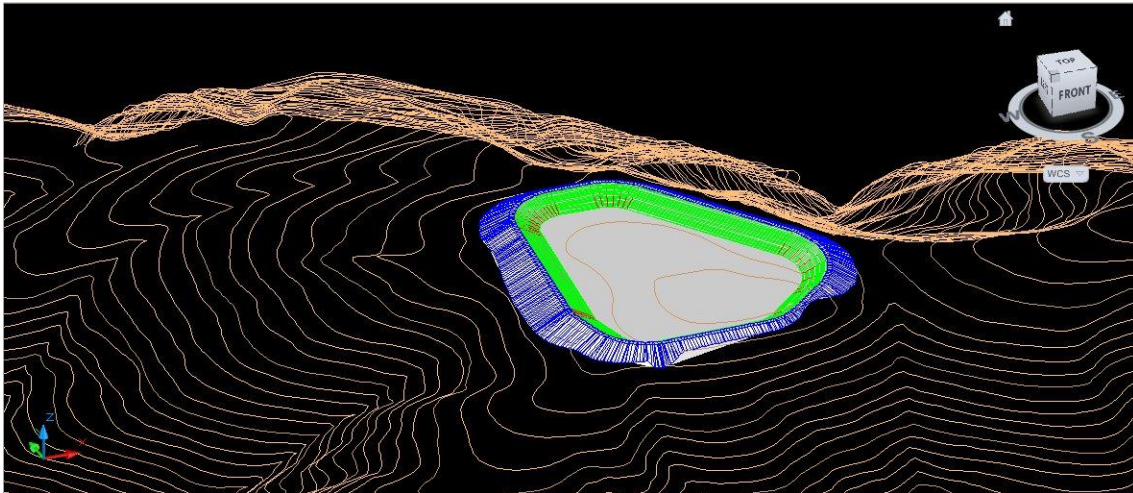
En estas condiciones, escogeremos la **Alternativa A**, que además tendrá un impacto ambiental menor que la Alternativa B con unas dimensiones de embalse menores.

**SOLUCIÓN: Se ha seleccionado la Alternativa A**

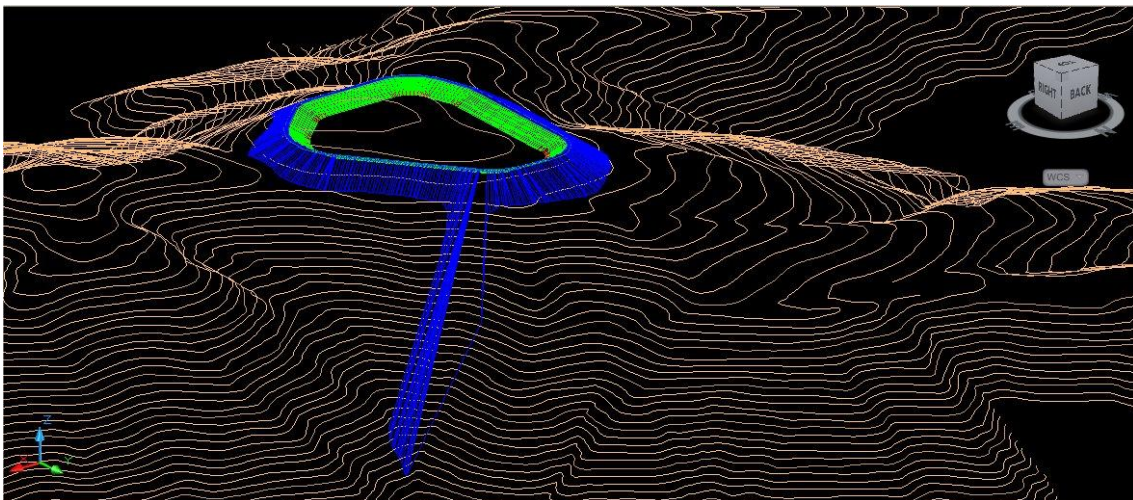
**APÉNDICE 1**

Visualizacion 3D de las balsas estudiadas (mediante AutoCad Civil 3D Landesktop 2009)

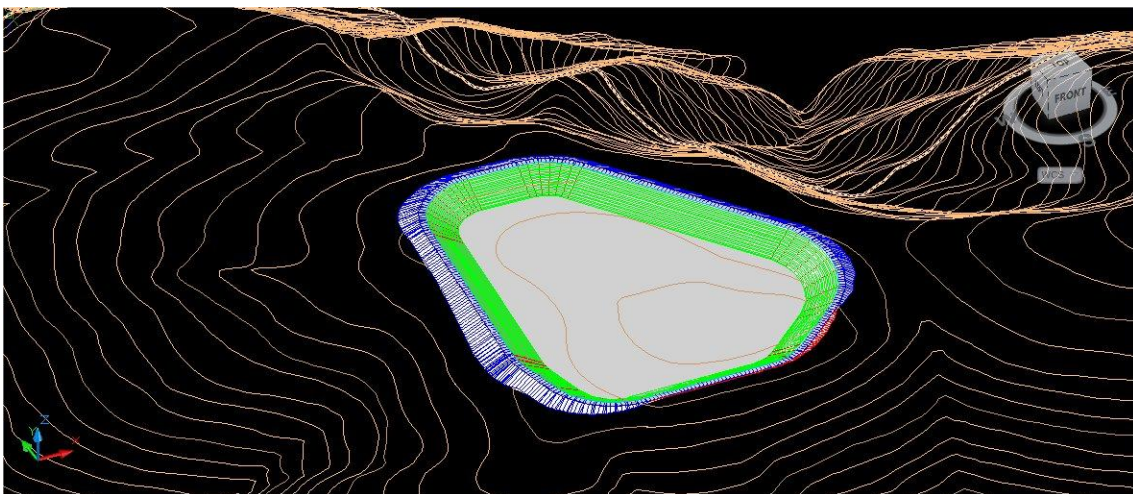
A-20.1 Cotas (1610 – 1588,5) 5,17 millones €/ Hm<sup>3</sup>



A-20.2 Cotas (1620,75 – 1599,25) 19,97 millones €/ Hm<sup>3</sup>



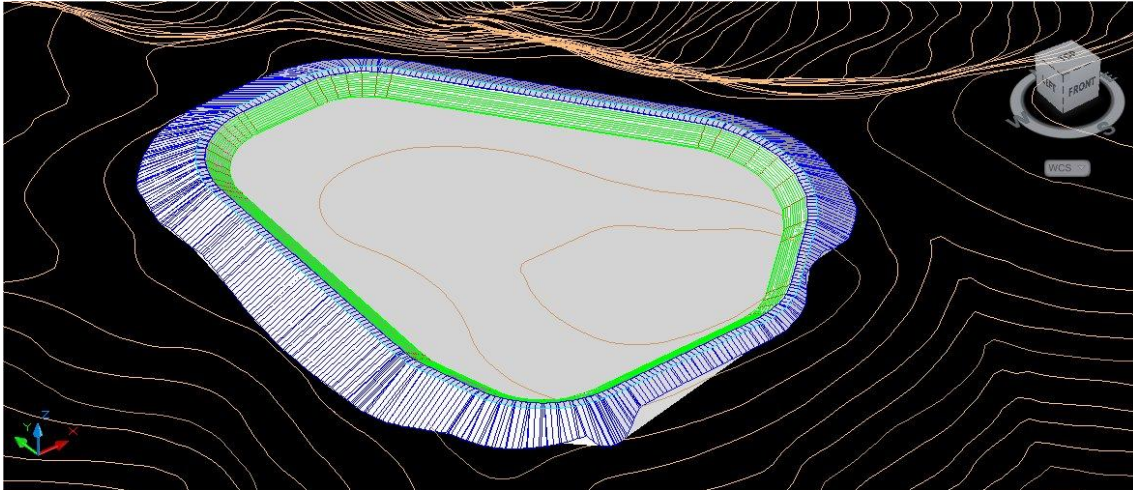
A-20.3 Cotas (1600 – 1578,5) 8,96 millones €/ Hm<sup>3</sup>



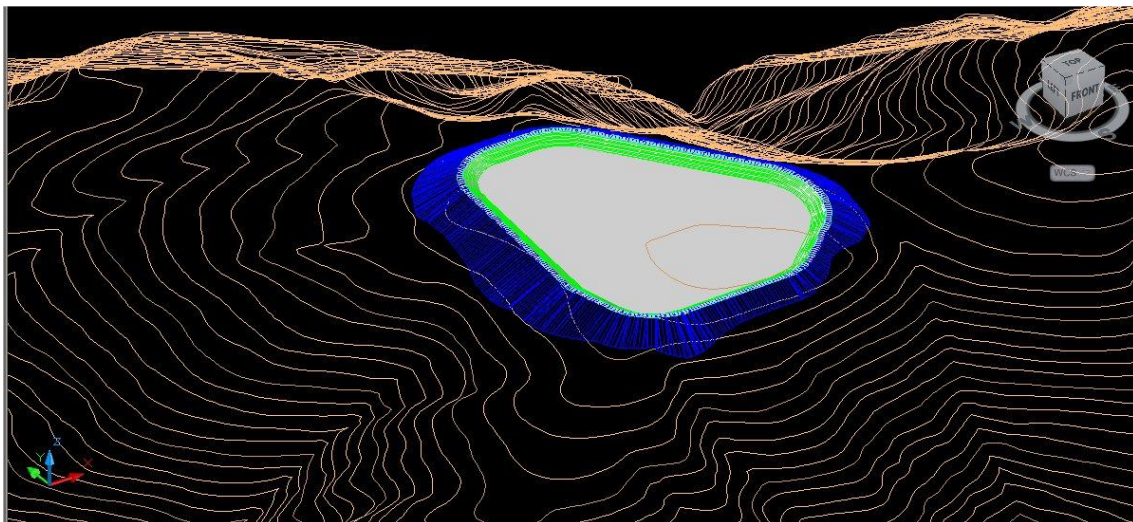
A-10.1 Cotas (1610 – 1598,5) 9,07 millones €/ Hm<sup>3</sup>



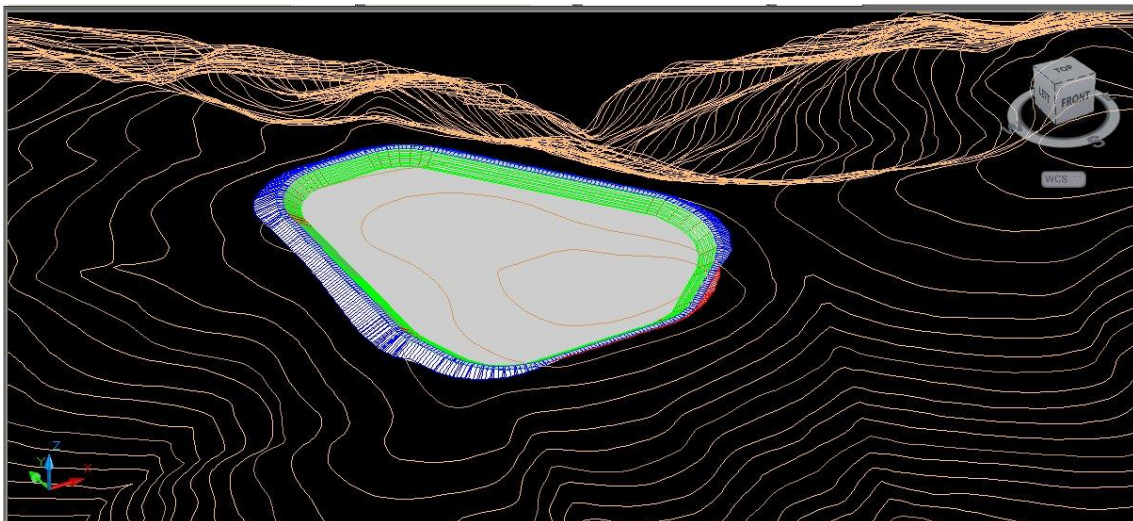
## Anejo 2. Estudio de Alternativas



A-10.2 Cotas (1615,75-1604,25) 21,31 millones €/ Hm<sup>3</sup>



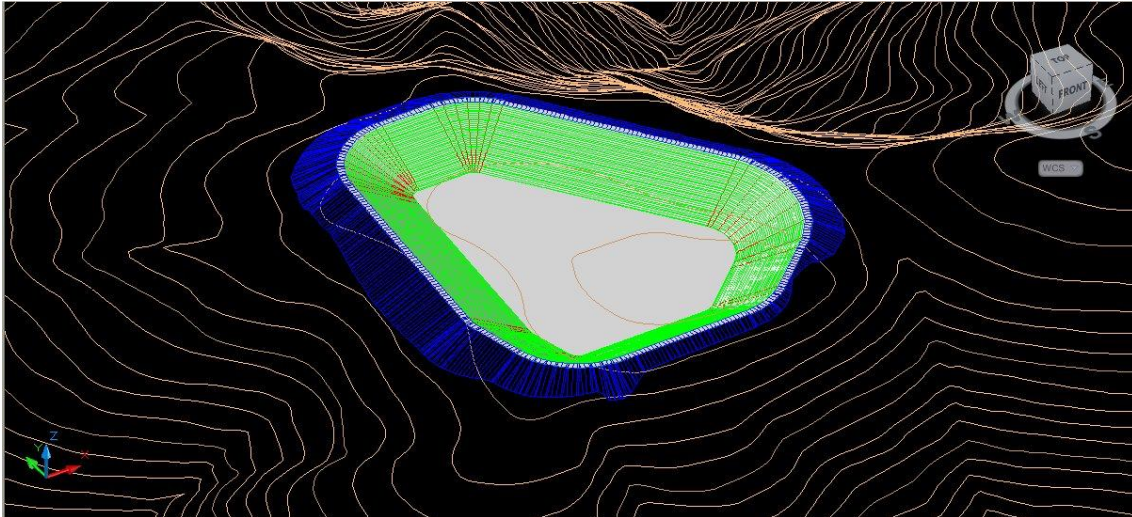
A-10.3 Cotas (1600-1588,5) 9,59 millones €/ Hm<sup>3</sup>



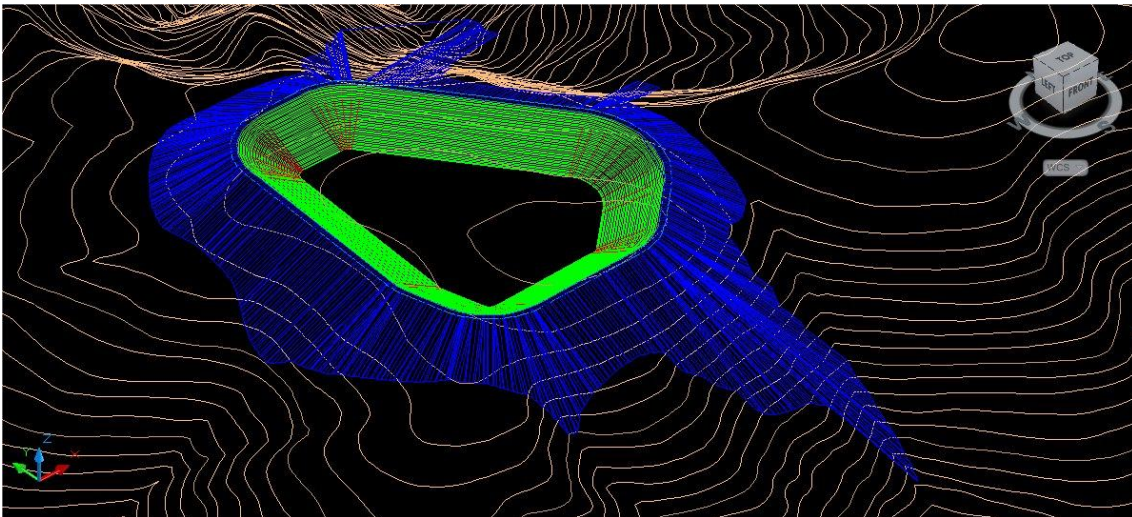
A-40.1 Cotas (1610 – 1568,5) 8,20 millones €/ Hm<sup>3</sup>



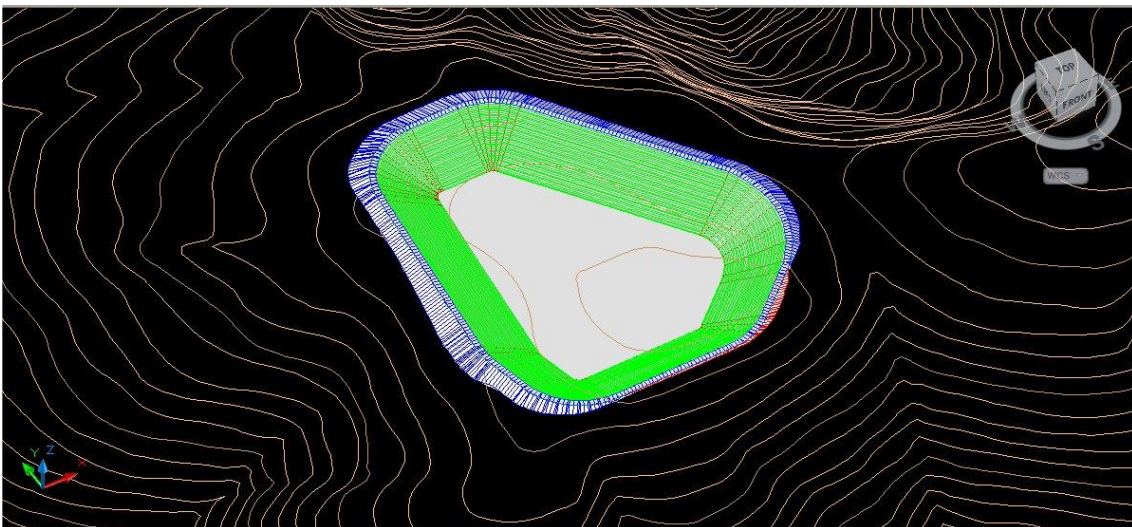
## Anejo 2. Estudio de Alternativas



A-40.2 Cotas (1630,75 – 1589,25) 31,96 millones €/ Hm<sup>3</sup>

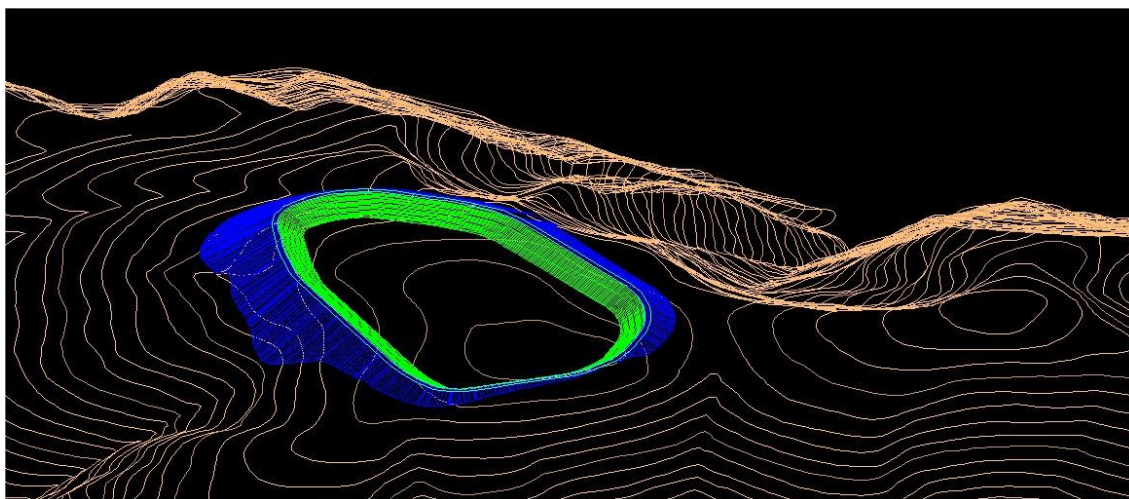


A-40.3 Cotas (1600 – 1558,5) 11,41 millones €/ Hm<sup>3</sup>

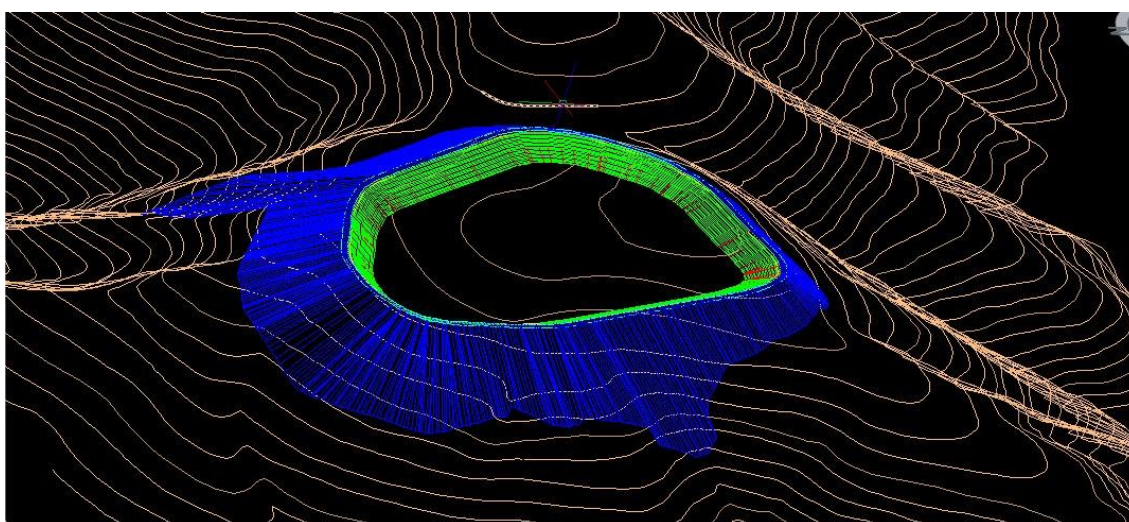


B-20.1 Cotas (1610 – 1588,5) 7,92 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

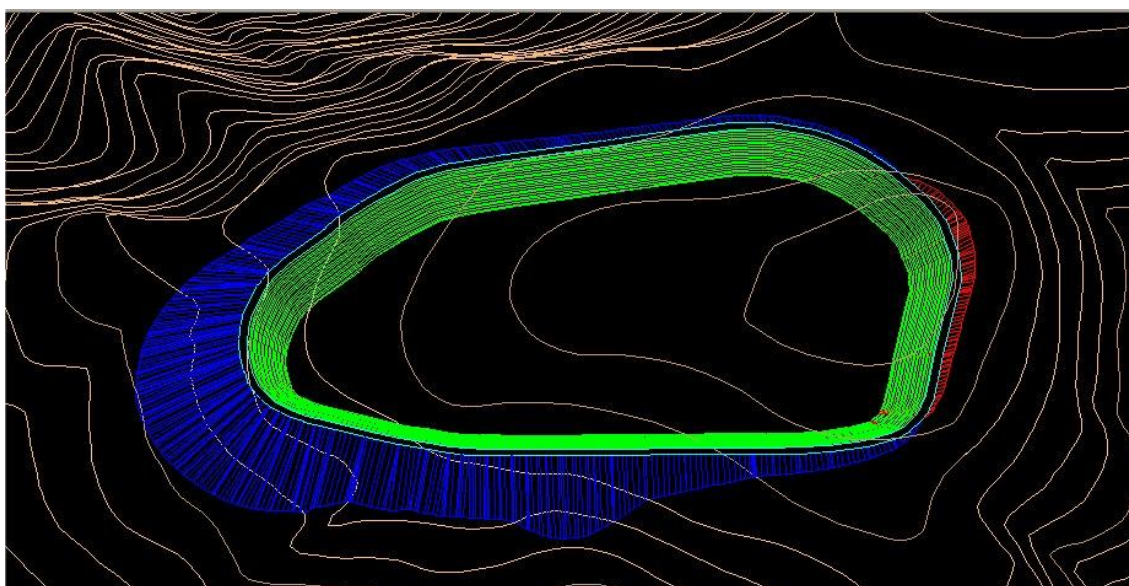




B-20.2 Cotas (1620,75 – 1599,25) 23,26 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

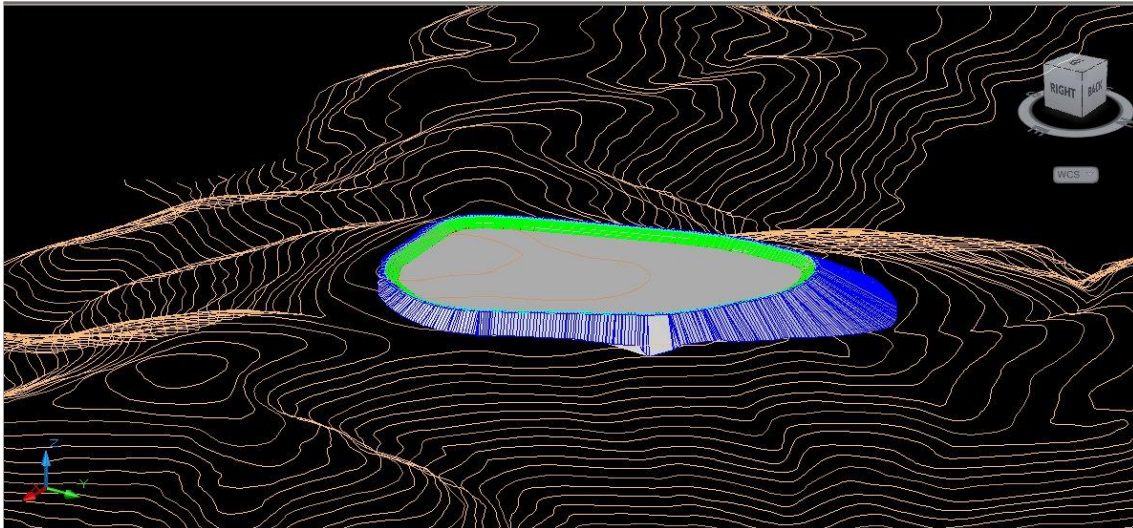


B-20.3 Cotas (1600 – 1578,5) 7,44 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

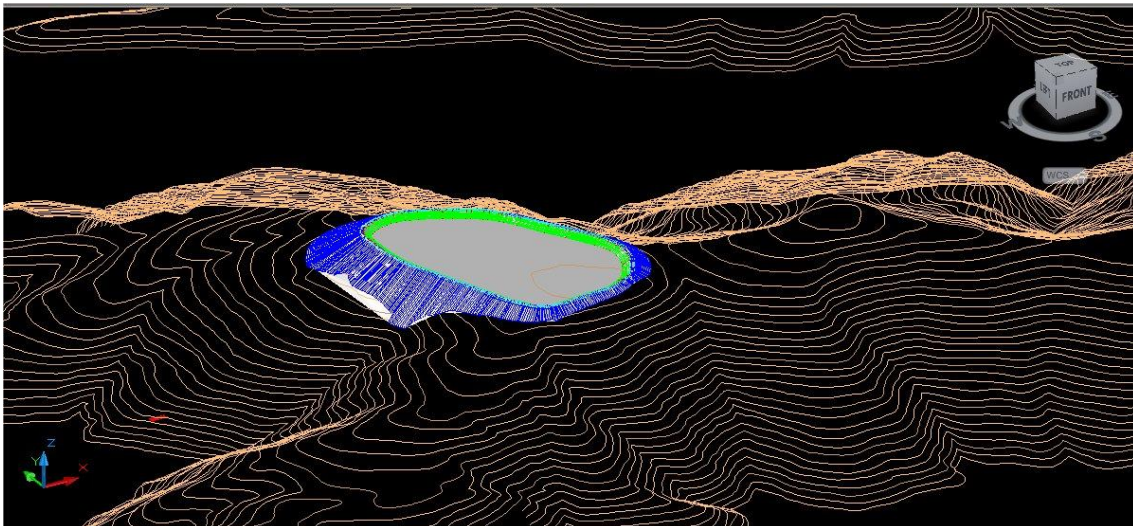


B-10.1 Cotas (1610 – 1598,5) 21,82 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

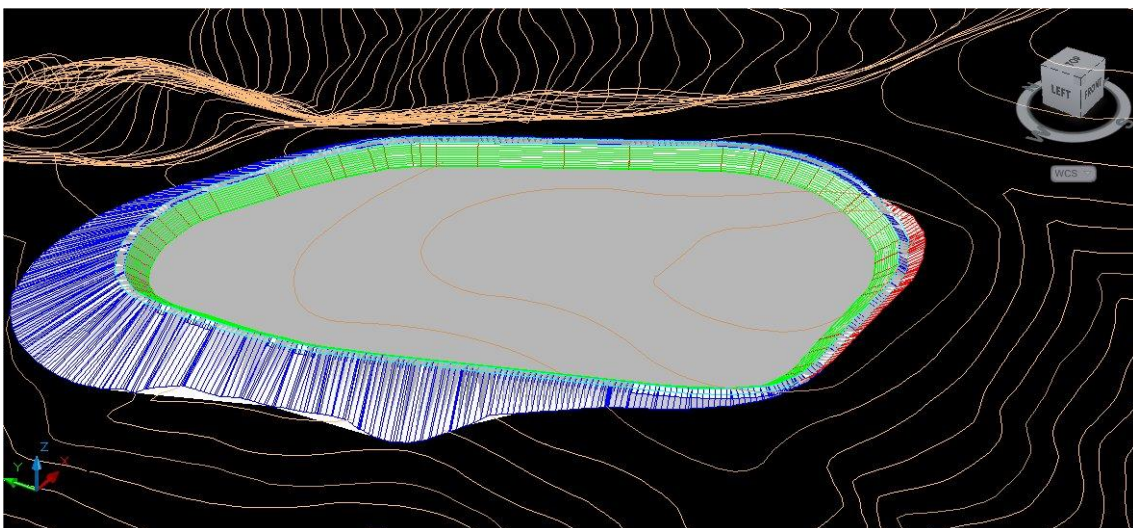




B-10.2 Cotas (1615,75-1604,25) 33,27 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

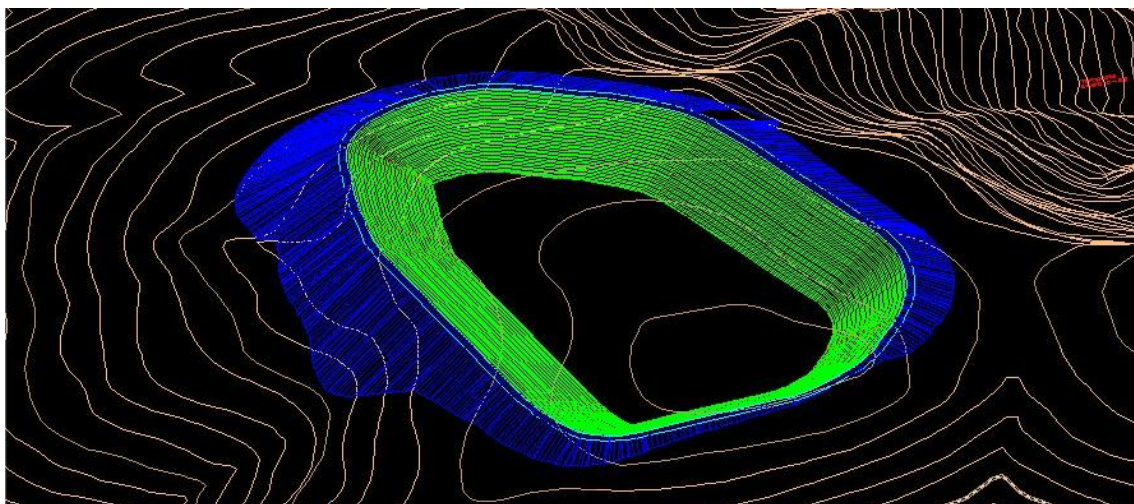


B-10.3 Cotas (1600-1588,5) 7,55 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

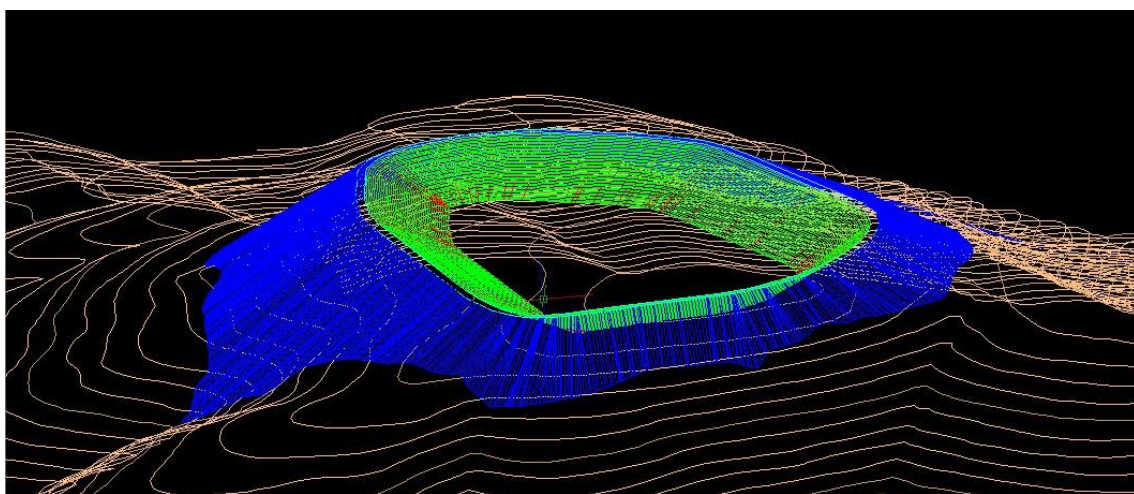


B-40.1 Cotas (1610 – 1568,5) 7,10 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

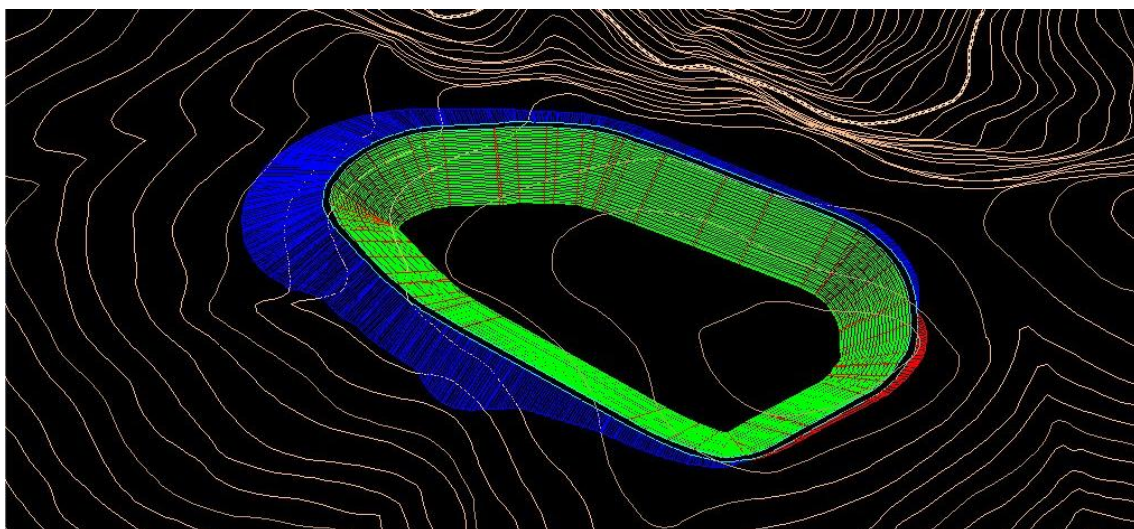




B-40.2 Cotas (1630,75 – 1589,25) 30,92 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



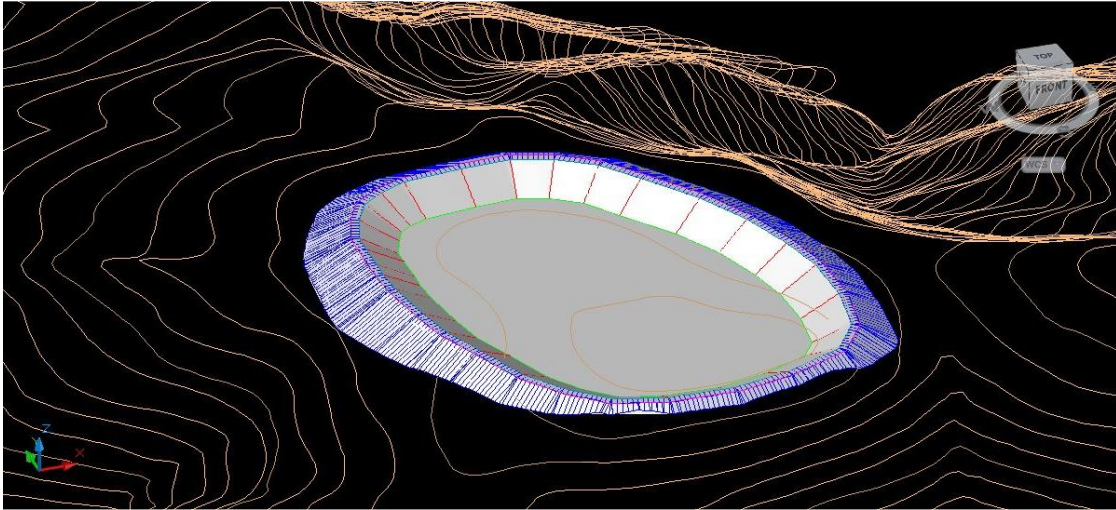
B-40.3 Cotas (1600 – 1558,5) 10,14 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



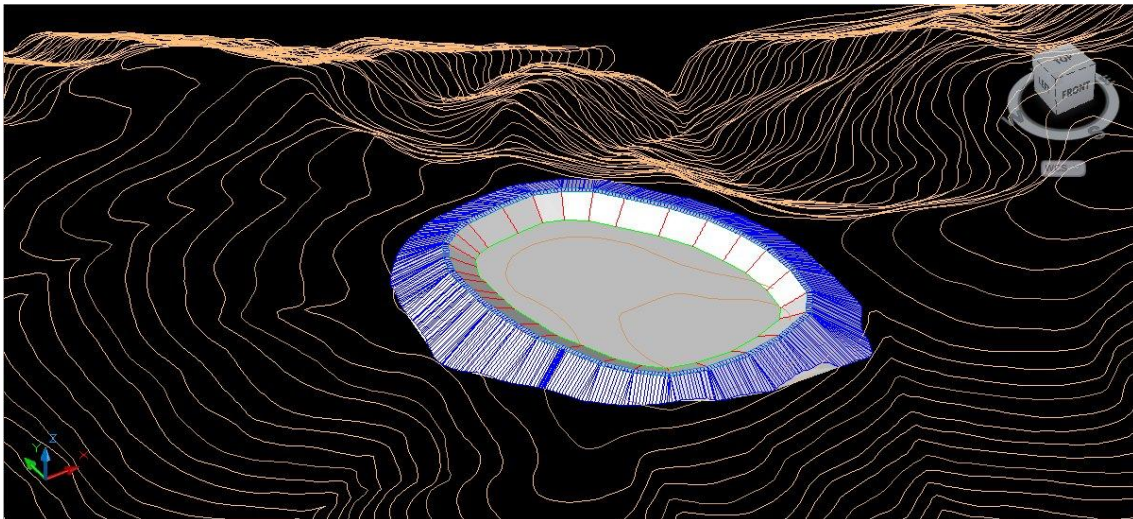
C-20.1 Cotas (1610 – 1588,5) 5,51 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



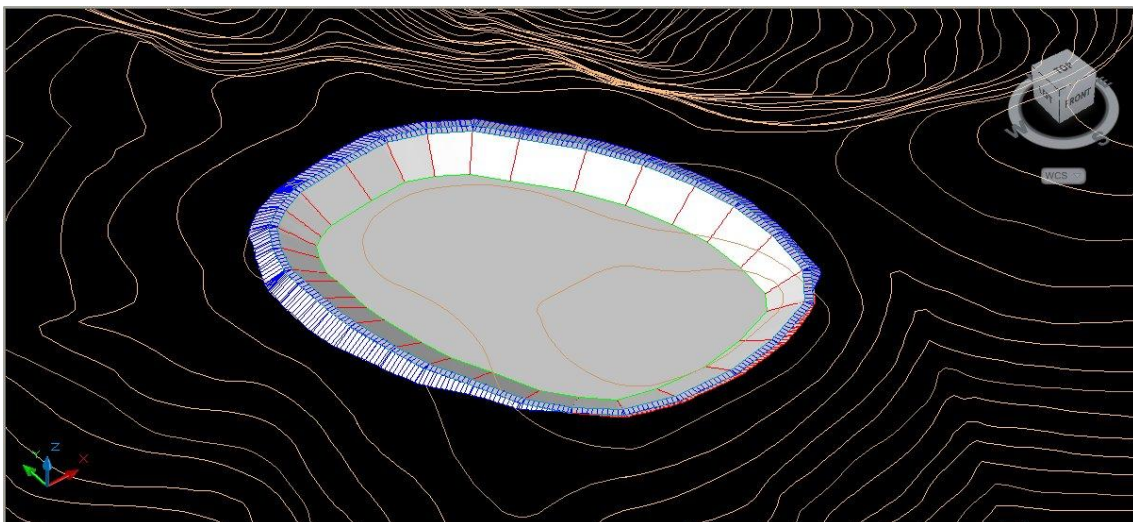
## Anejo 2. Estudio de Alternativas



C-20.2 Cotas (1620,75 – 1599,25) 13,46 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



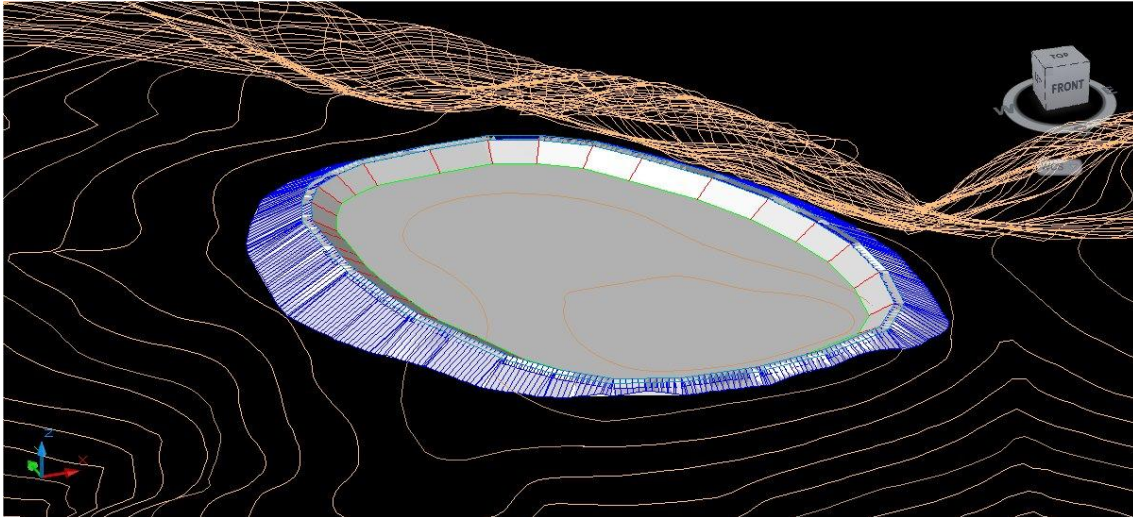
C-20.3 Cotas (1600 – 1578,5) 9,44 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



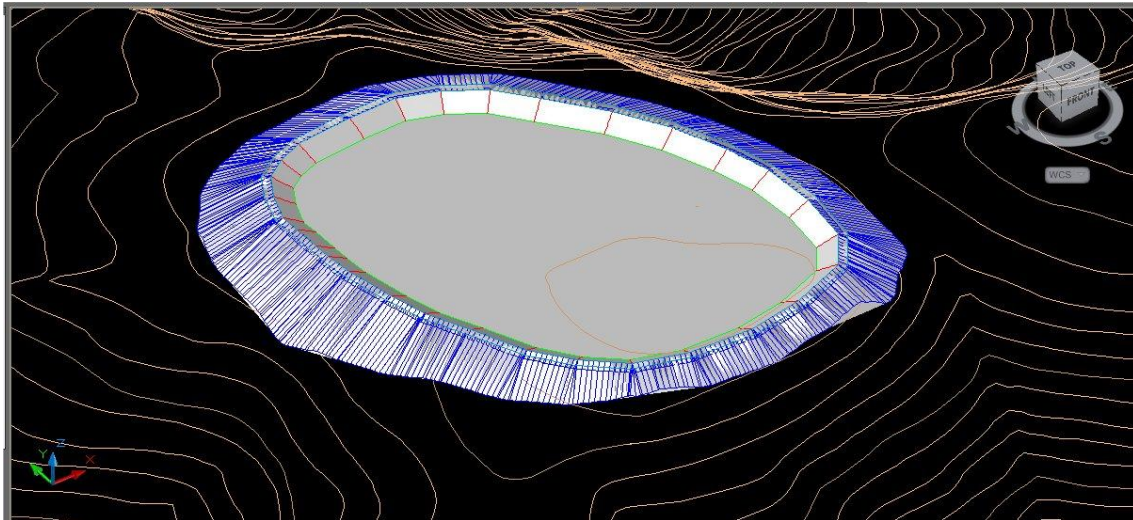
C-10.1 Cotas (1610 – 1598,5) 5,97 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



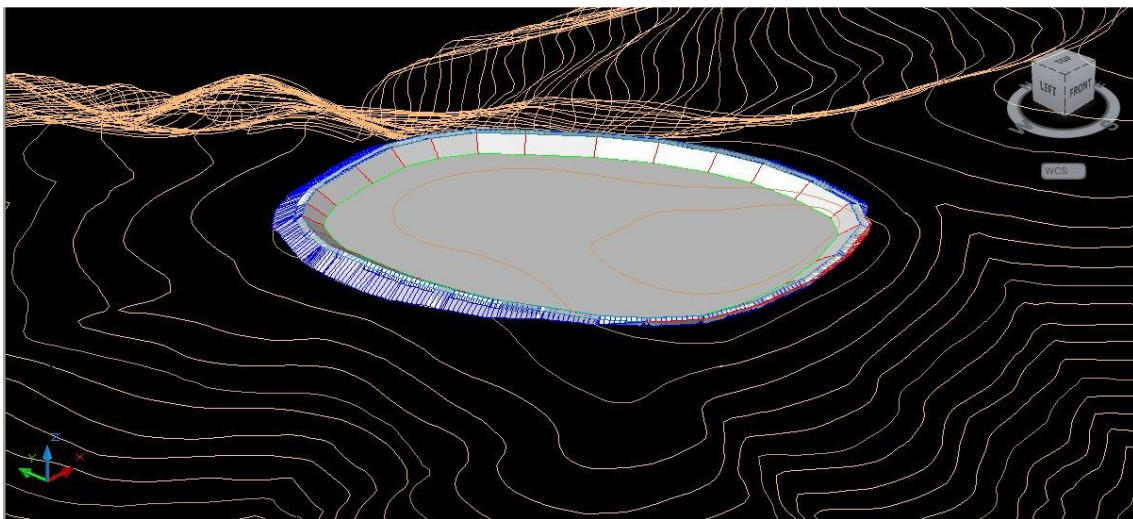
## Anejo 2. Estudio de Alternativas



C-10.2 Cotas (1615,75-1604,25) 17,78 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

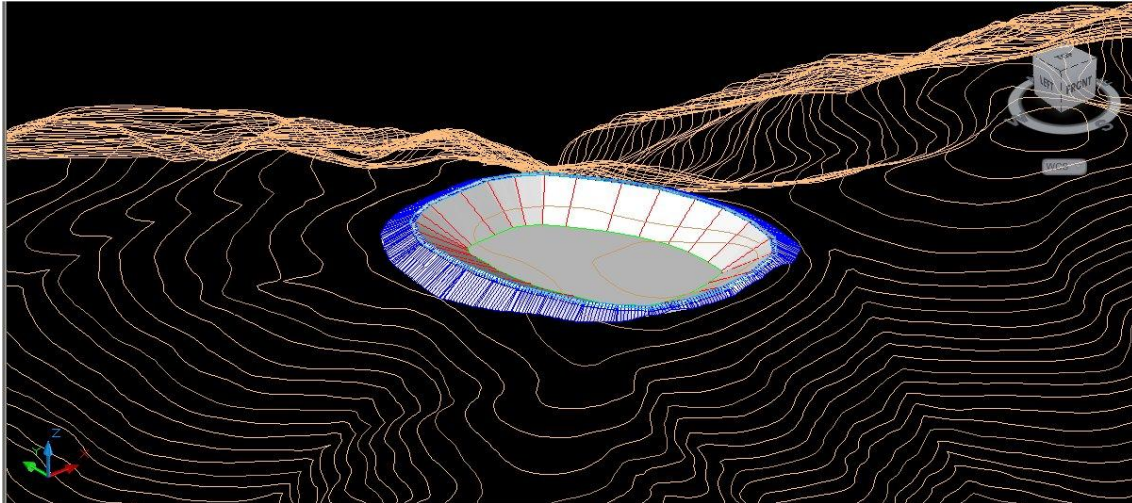


C-10.3 Cotas (1600-1588,5) 10,43 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

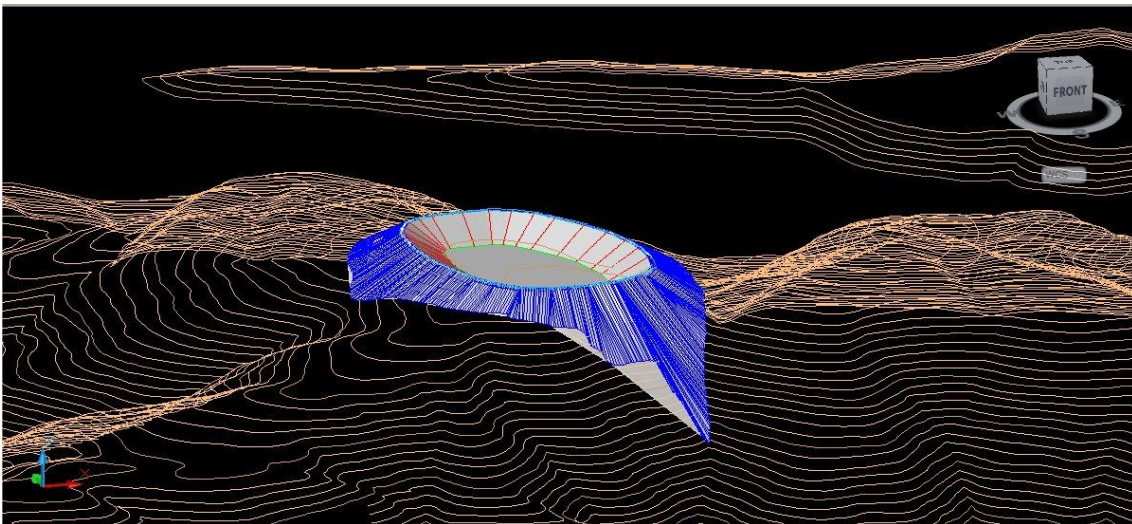


C-40.1 Cotas (1610 – 1568,5) 8,53 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

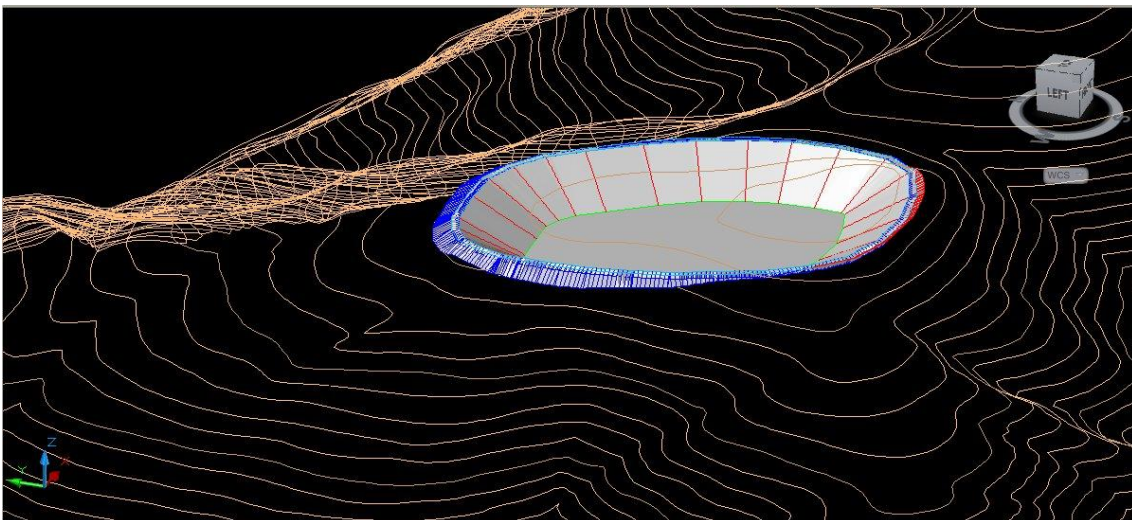




C-40.2 Cotas (1630,75 – 1589,25) 25,89 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

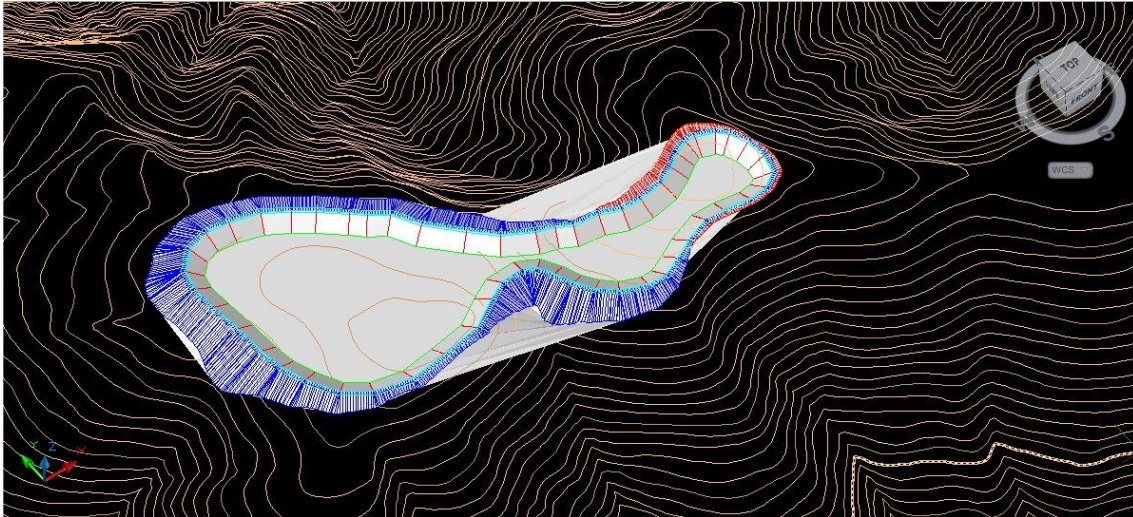


C-40.3 Cotas (1600 – 1558,5) 11,87 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

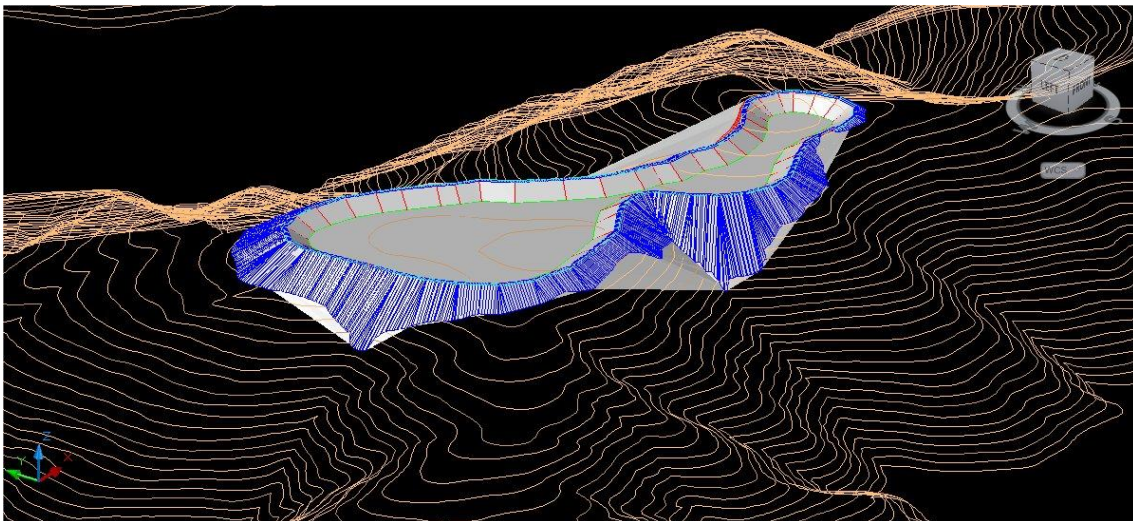


D-20.1 Cotas (1610 – 1558,5) 6,71 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

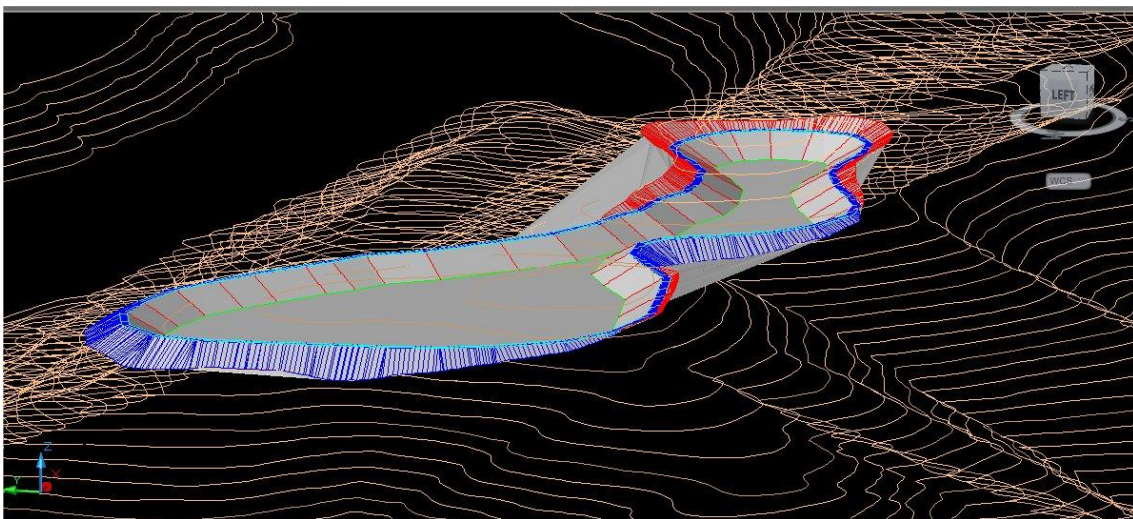




D-20.2 Cotas (1620,75 – 1599,25) 15,23 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

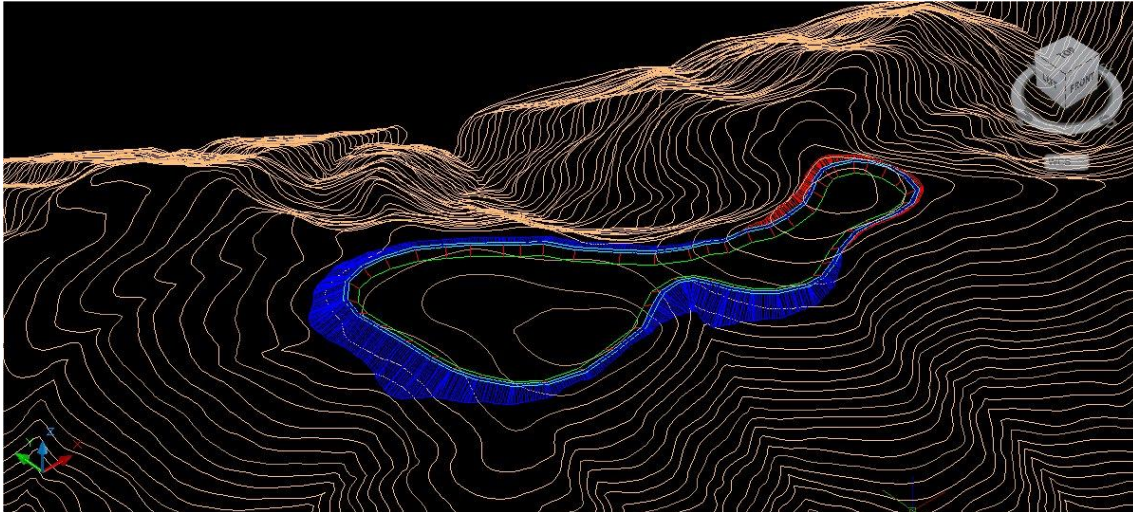


D-20.3 Cotas (1600 – 1578,5) 11,02 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

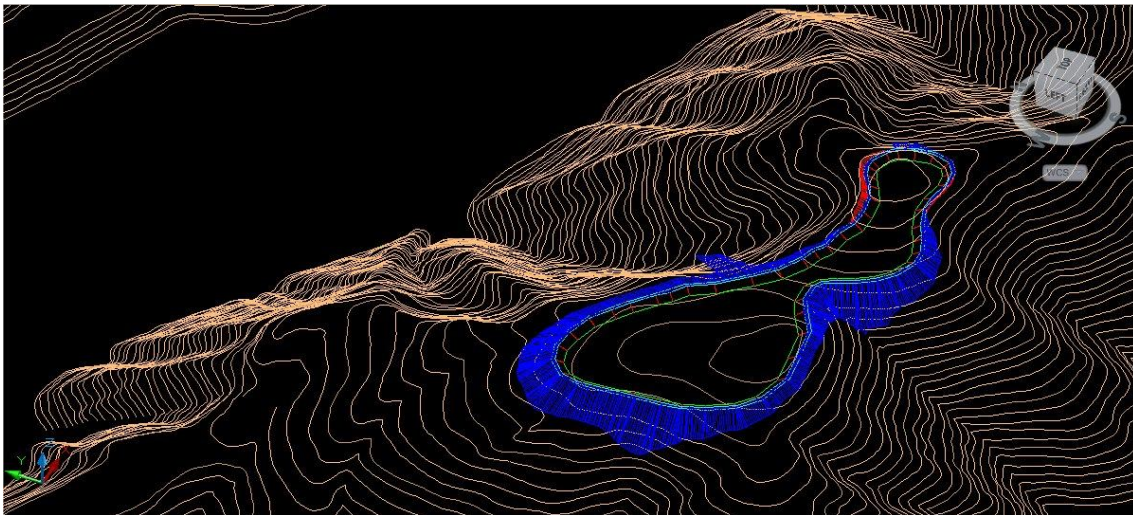


D-10.1 Cotas (1610 – 1598,5) 8,63 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

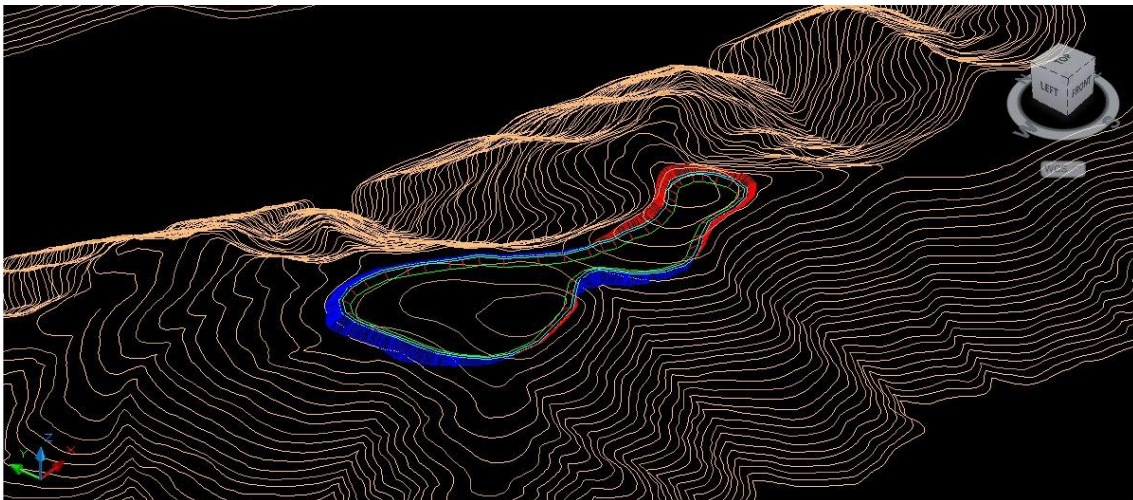




D-10.2 Cotas (1615,75 – 1604,25) 20,22 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

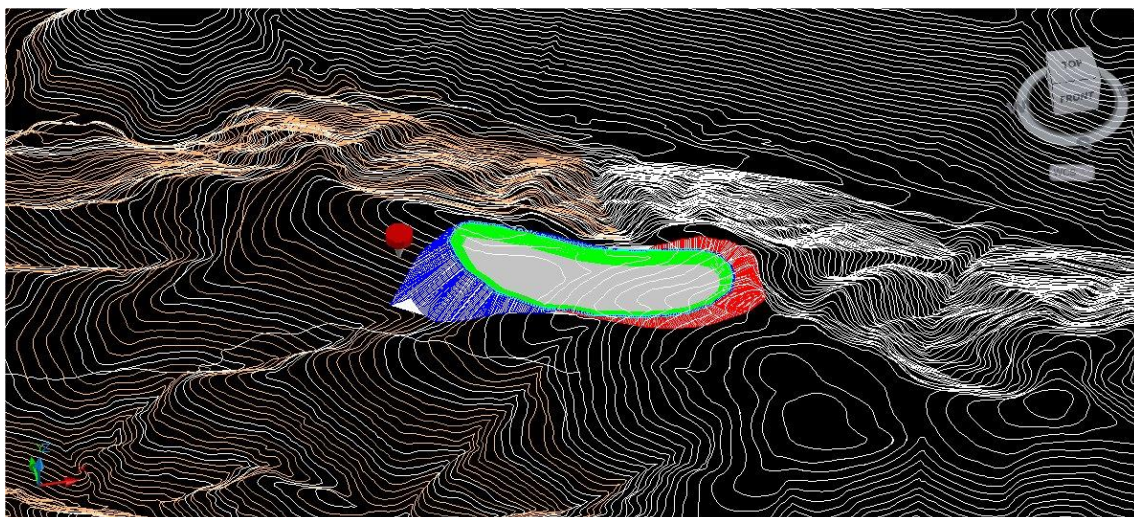


D-10.3 Cotas (1600 – 1588,5) 12,92 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

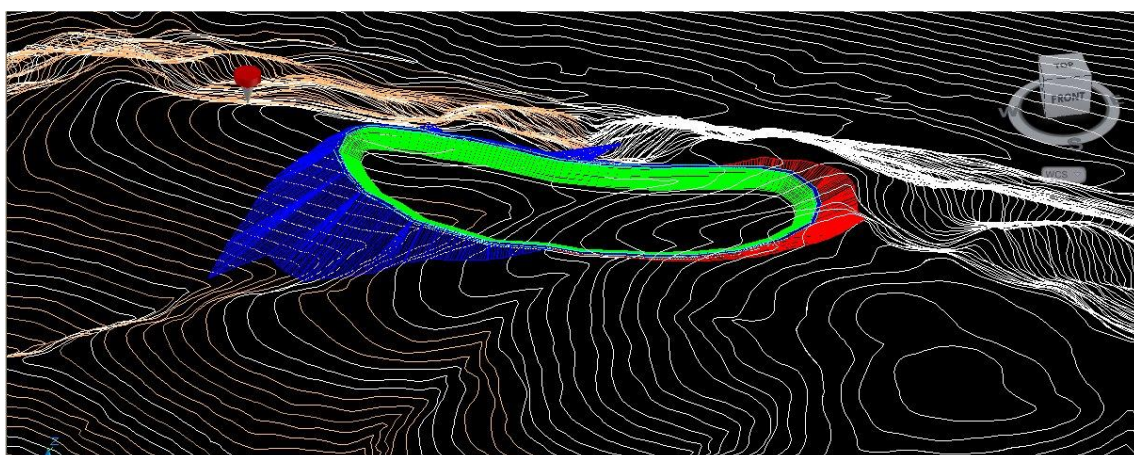


E-20.1 Cotas (1470 – 1448,5) 14,53 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

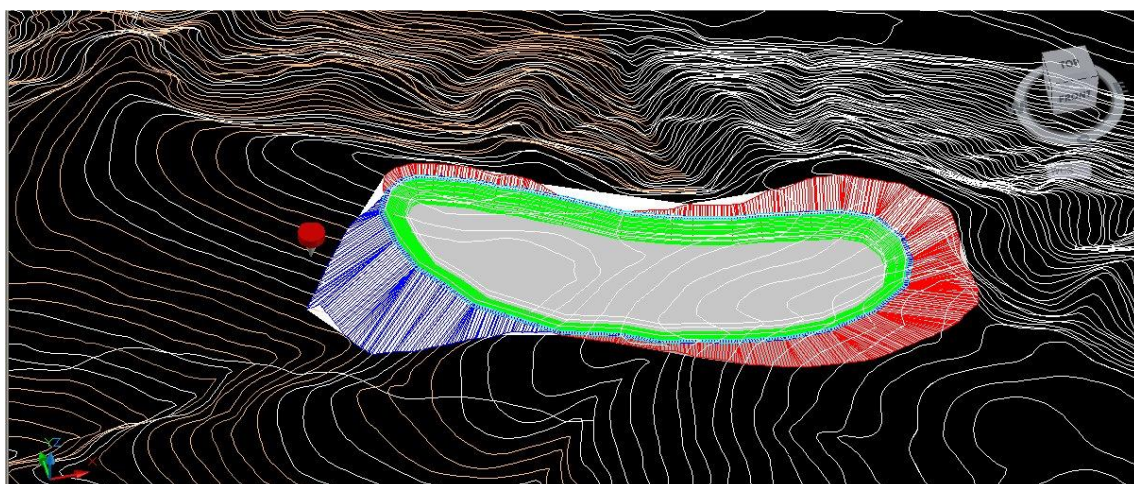




E-20.2 Cotas (1480,75 – 1459,25) 11,55 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

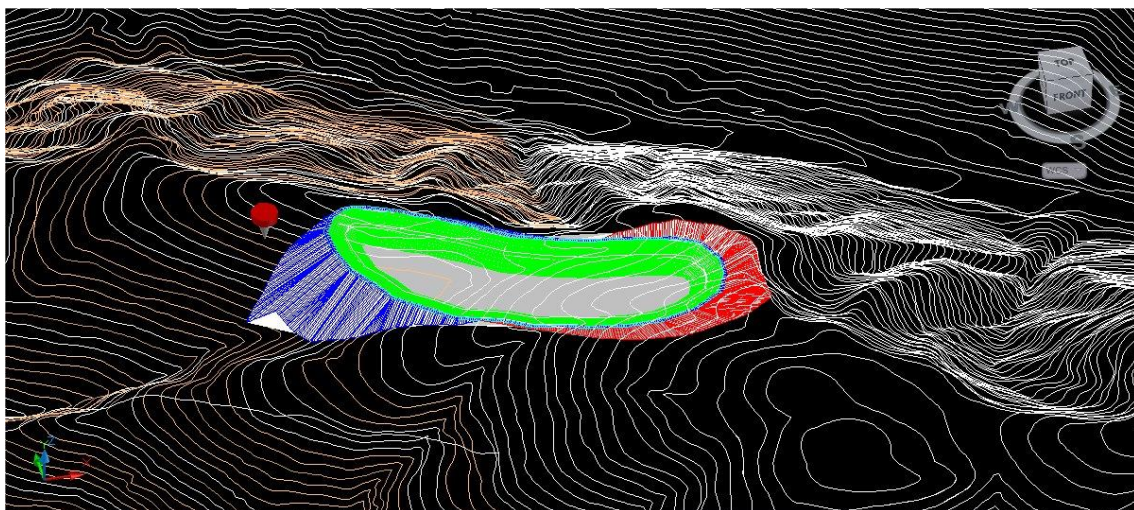


E-20.3 Cotas (1460 – 1438,5) 20,07 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

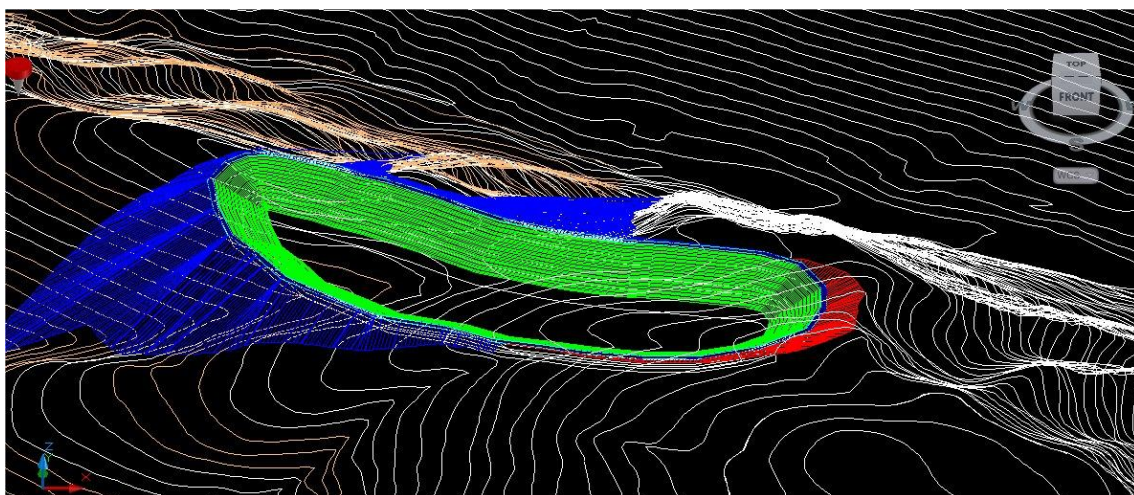


E-40.1 Cotas (1470 – 1428,5) 15,66 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua

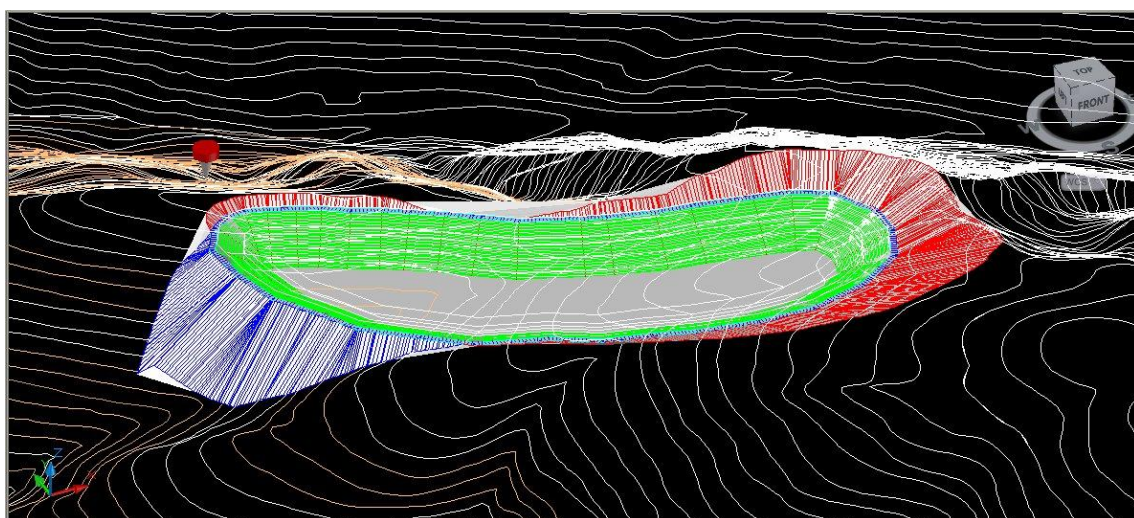




E-40.2 Cotas (1490,75 – 1449,25) 19,43 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



E-40.3 Cotas (1460 –1418,5) 20,67 millones €/ Hm<sup>3</sup> agua



## **APÉNDICE 2**

Hojas de cálculo para justificación económica del  
estudio de alternativas para el embalse superior

Descripción	Altura balsa llena (m)	Altura coronación (m)	Altura total balsa (m)	Cota coronación (m)	Cota fondo (m)	Volumen desmonte (m3)	Volumen terraplén (m3)	Volumen exceso/falta (+/-)(m3)	Área PEAD (m2)	Volumen de agua (m3)	Excavación 30 cm de tierra vegetal	Excavación Terreno desmonte		Longitud al embalse	Desnivel	Ratio= Desniv/Long
A-20.1	20	1,5	21,5	1610	1588,5	1799254,2	1002526,526	796727,6788	187929,1	2756118,5	56378,73	1742875,47		2794	698,5	4,0
A-20.2	20	1,5	21,5	1620,75	1599,25	918406,894	3942780,089	-3024373,196	187929,1	2756118,5	56378,73	862028,164		2794	709,25	3,9
A-20.3	20	1,5	21,5	1600	1578,5	3254192,4	298993,8532	2955198,544	187929,1	2756118,5	56378,73	3197813,67		2794	688,5	4,1
A-10.1	10	1,5	11,5	1610	1598,5	655961,604	1213189,764	-557228,1606	184441,5	1503660,8	55332,45	600629,154		2794	698,5	4,0
A-10.2	10	1,5	11,5	1615,75	1604,25	226066,446	2278296,91	-2052230,464	184441,5	1503660,8	55332,45	170733,996		2794	704,25	4,0
A-10.3	10	1,5	11,5	1600	1588,5	2001024,9	299023,2313	1702001,672	184441,5	1503660,8	55332,45	1945692,45		2794	688,5	4,1
A-40.1	40	1,5	41,5	1610	1568,5	3634676,71	1103307,726	2531368,986	193983,4	4592326,9	58195,02	3576481,69		2794	698,5	4,0
A-40.2	40	1,5	41,5	1630,75	1589,25	1643899,81	7587343,549	-5943443,743	193983,4	4592326,9	58195,02	1585704,79		2794	719,25	3,9
A-40.3	40	1,5	41,5	1600	1558,5	5089739,46	299136,6757	4790602,786	193983,4	4592326,9	58195,02	5031544,44		2794	688,5	4,1
Coeficientes precio altura																
20 m		1														
10 m		0,9														
40 m		1,4														
Código	G2216101	G2214101	G2263211	G2412015	G2R450A7	G2266211	IMPERM	SDESGU								
Descripción	Exc. Tierra vegetal	Exc. Terreno desmonte	Extendido y compactación material obra	Transporte Exc. en obra	Transporte residuos exc.	Extendido y compactación material aportación	Impermeab. PEAD+geotéxtil+ anclajes+lastres	Drenajes								
UM	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m2	m2								
Precio 2013 (€/UM)	1,89	2,75	2,49	1,02	4,14	14,46	11,57	1,86	TOTAL	coefs altura	millones €	millones€/hm3 agua		Clasificación	millones€/hm3 agua	
A-20.1	106555,7997	4792907,56	2496291,05	1022577,06	3298452,6	0	2174339,687	349548,126	14240671,9	14240671,9	14,2406719	5,16693018		A-20.1	5,16693018	
A-20.2	106555,7997	2370577,45	2286833,17	4021635,69	0	43732436,4	2174339,687	349548,126	55041926,3	55041926,3	55,0419263	19,9708127		A-40.1	8,20154664	
A-20.3	106555,7997	8793987,59	744494,694	304973,73	12234522	0	2174339,687	349548,126	24708421,6	24708421,6	24,7084216	8,96493442		A-20.3	8,96493442	
A-10.1	104578,3305	1651730,17	1633344,39	1237453,56	0	8057519,2	2133988,155	343061,19	15161675	13645507,5	13,6455075	9,07485751		A-10.1	9,07485751	
A-10.2	104578,3305	469518,489	562905,45	2323862,85	0	29675252,5	2133988,155	343061,19	35613167	32051850,3	32,0518503	21,3158781		A-10.3	9,59347105	
A-10.3	104578,3305	5350654,25	744567,846	305003,696	7046286,9	0	2133988,155	343061,19	16028140,4	14425326,3	14,4253263	9,59347105		A-40.3	11,4122968	
A-40.1	109988,5878	9835324,65	2747236,24	1125373,88	10479868	0	2244387,938	360809,124	26902988	37664183,2	37,6641832	8,20154664		A-20.2	19,9708127	
A-40.2	109988,5878	4360688,16	4093310,52	7739090,42	0	85942196,5	2244387,938	360809,124	104850471	146790660	146,79066	31,9643316		A-10.2	21,3158781	
A-40.3	109988,5878	13836747,2	744850,322	305119,409	19833096	0	2244387,938	360809,124	37434998,1	52408997,4	52,4089974	11,4122968		A-40.2	31,9643316	



Descripción	Altura balsa llena (m)	Altura coronación (m)	Altura total balsa (m)	Cota coronación (m)	Cota fondo (m)	Volumen desmonte (m3)	Volumen terraplén (m3)	Volumen exceso/falta (+/-)(m3)	Área PEAD (m2)	Volumen de agua (m3)	Excavación 30 cm de tierra vegetal	Excavación Terreno desmonte		Longitud al embalse	Desnivel	Ratio= Desniv/Lon g
B-20.1	20	1,5	21,5	1610	1588,5	1752479,635	2611038,08	-858558,4452	227792,67	3442793,14	68337,801	1684141,83		2794	698,5	4,0
B-20.2	20	1,5	21,5	1620,75	1599,25	632469,4313	5355691,073	-4723221,642	227792,67	3442793,14	68337,801	564131,63		2794	709,25	3,9
B-20.3	20	1,5	21,5	1600	1578,5	3391836,122	1191026,461	2200809,661	227792,67	3442793,14	68337,801	3323498,32		2794	688,5	4,1
B-10.1	10	1,5	11,5	1610	1598,5	618763,2568	3072441,13	-2453677,873	223347,99	1847797,23	67004,397	551758,86		2794	698,5	4,0
B-10.2	10	1,5	11,5	1615,75	1604,25	498924,9201	4520192,104	-4021267,184	223347,99	1847797,23	67004,397	431920,523		2794	704,25	4,0
B-10.3	10	1,5	11,5	1600	1588,5	1935389,286	1227089,363	708299,9231	223347,99	1847797,23	67004,397	1868384,89		2794	688,5	4,1
B-40.1	40	1,5	41,5	1610	1568,5	4028360,452	2563368,812	1464991,639	234583,91	5766457,79	70375,173	3957985,28		2794	698,5	4,0
B-40.2	40	1,5	41,5	1630,75	1589,25	1724304,091	9055844,069	-7331539,978	234583,91	5766457,79	70375,173	1653928,92		2794	719,25	3,9
B-40.3	40	1,5	41,5	1600	1558,5	5722831,713	1198840,054	4523991,659	234583,91	5766457,79	70375,173	5652456,54		2794	688,5	4,1
Coeficientes precio altura																
20 m	1															
10 m	0,9															
40 m	1,4															
Código	G2216101	G2214101	G2263211	G2412015	G2R450A7	G2266211	IMPERM	SDESGU								
Descripción	Exc. Tierra vegetal	Exc. Terreno desmonte	Extendido y compactación material obra	Transporte Exc. en obra	Transporte residuos exc.	Extendido y compactación material aportación	Impermeab. PEAD+geotéxtil+ anclajes+lastres	Drenajes								
UM	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m2	m2								
Precio 2013 (€/UM)	1,89	2,75	2,49	1,02	4,14	14,46	11,57	1,86	TOTAL	coefs altura	millones €	millones€/hm3 agua		Clasificación	millones€/hm3 agua	
B-20.1	129158,4439	4631390,04	4363674,29	2663258,84	0	12414755,12	2635561,192	423694,3662	27261492,29	27261492,29	27,2614923	7,91842297		B-40.1	7,0966597	
B-20.2	129158,4439	1551361,98	1574848,88	5462804,89	0	68297784,94	2635561,192	423694,3662	80075214,7	80075214,7	80,0752147	23,2587935		B-20.3	7,44159995	
B-20.3	129158,4439	9139620,38	2965655,89	1214846,99	9111352	0	2635561,192	423694,3662	25619889,26	25619889,26	25,6198893	7,44159995		B-10.3	7,55133454	
B-10.1	126638,3103	1517336,86	1540720,51	3133889,95	0	35480182,04	2584136,244	415427,2614	44798331,19	40318498,07	40,3184981	21,8197632		B-20.1	7,91842297	
B-10.2	126638,3103	1187781,44	1242323,05	4610595,95	0	58147523,48	2584136,244	415427,2614	68314425,73	61482983,15	61,4829832	33,2736634		B-40.3	10,1398423	
B-10.3	126638,3103	5138058,45	3055452,51	1251631,15	2932361,68	0	2584136,244	415427,2614	15503705,61	13953335,05	13,953335	7,55133454		B-10.1	21,8197632	
B-40.1	133009,077	10884459,5	6382788,34	2614636,19	6065065,39	0	2714135,839	436326,0726	29230420,42	40922588,59	40,9225886	7,0966597		B-20.2	23,2587935	
B-40.2	133009,077	4548304,53	4293517,19	9236960,95	0	106014068,1	2714135,839	436326,0726	127376321,7	178326850,4	178,32685	30,9248514		B-40.2	30,9248514	
B-40.3	133009,077	15544255,5	2985111,73	1222816,85	18729325,5	0	2714135,839	436326,0726	41764980,53	58470972,74	58,4709727	10,1398423		B-10.2	33,2736634	

## Anejo 2. Estudio de Alternativas

Descripción	Altura balsa llena (m)	Altura coronación (m)	Altura total balsa (m)	Cota coronación (m)	Cota fondo (m)	Volumen desmonte (m3)	Volumen terraplén (m3)	Volumen exceso/falta (+/-)(m3)	Área PEAD (m2)	Volumen de agua (m3)	Excavación 30 cm de tierra vegetal	Excavación Terreno desmonte		Longitud al embalse	Desnivel	Ratio= Desniv/Lon g
C-20.1	20	1,5	21,5	1610	1588,5	1660603,89	837646,0079	822957,8772	164381,21	2373012,18	49314,363	1611289,52		2794	698,5	4,0
C-20.2	20	1,5	21,5	1620,75	1599,25	520115,547	2232576,639	-1712461,093	164381,21	2373012,18	49314,363	470801,184		2794	709,25	3,9
C-20.3	20	1,5	21,5	1600	1578,5	2954473,33	191102,2761	2763371,055	164381,21	2373012,18	49314,363	2905158,97		2794	688,5	4,1
C-10.1	10	1,5	11,5	1610	1598,5	643641,981	802160,2351	-158518,2545	162854,32	1300049,72	48856,296	594785,685		2794	698,5	4,0
C-10.2	10	1,5	11,5	1615,75	1604,25	224523,262	1654478,066	-1429954,804	162854,32	1300049,72	48856,296	175666,966		2794	704,25	4,0
C-10.3	10	1,5	11,5	1600	1588,5	1888889,12	144542,5865	1744346,537	162854,32	1300049,72	48856,296	1840032,83		2794	688,5	4,1
C-40.1	40	1,5	41,5	1610	1568,5	3205598,08	746918,5508	2458679,527	171483,26	3917440,46	51444,978	3154153,1		2794	698,5	4,0
C-40.2	40	1,5	41,5	1630,75	1589,25	1326837,06	5325044,724	-3998207,664	171483,26	3917440,46	51444,978	1275392,08		2794	719,25	3,9
C-40.3	40	1,5	41,5	1600	1558,5	4506367,47	144823,1542	4361544,318	171483,26	3917440,46	51444,978	4454922,49		2794	688,5	4,1
Coefficientes	precio altura															
20 m	1															
10 m	0,9															
40 m	1,4															
Código	G2216101	G2214101	G2263211	G2412015	G2R450A7	G2266211	IMPERM	SDESGU								
Descripción	Exc. Tierra vegetal	Exc. Terreno desmonte	Extendido y compactación material obra	Transporte Exc. en obra	Transporte residuos exc.	Extendido y compactación material aportación	Impermeab. PEAD+geotéxtil+ anclajes+lastres	Drenajes								
UM	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m2	m2								
Precio 2013 (€/UM)	1,89	2,75	2,49	1,02	4,14	14,46	11,57	1,86	TOTAL	coefs altura	millones €	millones€/hm3 agua		Clasificación	millones€/hm3 agua	
C-20.1	93204,14607	4431046,19	2085738,56	854398,928	3407045,61	0	1901890,6	305749,0506	13079073,1	13079073,1	13,0790731	5,51159121		C-20.1	5,51159121	
C-20.2	93204,14607	1294703,26	1295087,71	2277228,17	0	24762187,4	1901890,6	305749,0506	31930050,3	31930050,3	31,9300503	13,4554937		C-10.1	5,97312588	
C-20.3	93204,14607	7989187,16	475844,668	194924,322	11440356,2	0	1901890,6	305749,0506	22401156,1	22401156,1	22,4011561	9,43996677		C-40.1	8,53228166	
C-10.1	92338,39944	1635660,63	1602668,53	818203,44	0	2292173,96	1884224,482	302909,0352	8628178,48	7765360,63	7,76536063	5,97312588		C-20.3	9,43996677	
C-10.2	92338,39944	483084,155	559062,921	1687567,63	0	20677146,5	1884224,482	302909,0352	25686333,1	23117699,8	23,1176998	17,7821659		C-10.3	10,4316404	
C-10.3	92338,39944	5060090,27	359911,04	147433,438	7221594,66	0	1884224,482	302909,0352	15068501,3	13561651,2	13,5616512	10,4316404		C-40.3	11,8707548	
C-40.1	97231,00842	8673921,02	1859827,19	761856,922	10178933,2	0	1984061,318	318958,8636	23874789,6	33424705,4	33,4247054	8,53228166		C-20.2	13,4554937	
C-40.2	97231,00842	3507328,22	3303824,28	5431545,62	0	57814082,8	1984061,318	318958,8636	72457032,1	101439845	101,439845	25,8944191		C-10.2	17,7821659	
C-40.3	97231,00842	12251036,9	360609,654	147719,617	18056793,5	0	1984061,318	318958,8636	33216410,8	46502975,1	46,5029751	11,8707548		C-40.2	25,8944191	

Anejo 2. Estudio de Alternativas

Descripción	Altura balsa llena (m)	Altura coronación (m)	Altura total balsa (m)	Cota coronación (m)	Cota fondo (m)	Volumen desmante (m3)	Volumen terraplén (m3)	Volumen exceso/falta (+/-)(m3)	Área PEAD (m2)	Volumen de agua (m3)	Excavación 30 cm de tierra vegetal	Excavación Terreno desmante		Longitud al embalse	Desnivel	Ratio= Desniv/Long
D-20.1	20	1,5	21,5	1610	1588,5	3782532,884	2176208,11	1606324,773	346251,91	4354461,71	103875,573	3678657,311		2794	698,5	4,0
D-20.2	20	1,5	21,5	1620,75	1599,25	1841093,3	5085594,997	-3244501,697	346251,91	4354461,71	103875,573	1737217,727		2794	709,25	3,9
D-20.3	20	1,5	21,5	1600	1578,5	6392537,213	962268,0642	5430269,149	346251,91	4354461,71	103875,573	6288661,64		2794	688,5	4,1
D-10.1	10	1,5	11,5	1610	1598,5	2.096.868	2448318,392	-351450,6252	339186,42	2402014,54	101755,926	1995111,841		2794	698,5	4,0
D-10.2	10	1,5	11,5	1615,75	1604,25	1499127,71	4091386,7	-2592258,989	339186,42	2402014,54	101755,926	1397371,784		2794	704,25	4,0
D-10.3	10	1,5	11,5	1600	1588,5	4441094,403	963162,6653	3477931,737	339186,42	2402014,54	101755,926	4339338,477		2794	688,5	4,1
Coeficientes precio altura																
20 m	1															
10 m	0,9															
40 m	1,4															
Código	G2216101	G2214101	G2263211	G2412015	G2R450A7	G2266211	IMPERM	SDESGU								
Descripción	Exc. Tierra vegetal	Exc. Terreno desmante	Extendido y compactación material obra	Transporte Exc. en obra	Transporte residuos exc.	Extendido y compactación material aportación	Impermeab. PEAD+geotéxtil+ anclajes+lastres	Drenajes								
UM	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m2	m2								
Precio 2013 (€/UM)	1,89	2,75	2,49	1,02	4,14	14,46	11,57	1,86	TOTAL	coefs altura	millones €	millones€/hm3 agua		Clasificación	millones€/hm3 agua	
D-20.1	196324,833	10116307,6	5418758,2	2219732,27	6650184,56	0	4006134,599	644028,5526	29251470,62	29251470,62	29,2514706	6,717585907		D-20.1	6,71758591	
D-20.2	196324,833	4777348,75	4584322,32	5187306,9	0	46915494,53	4006134,599	644028,5526	66310960,48	66310960,48	66,3109605	15,22827961		D-10.1	8,63073472	
D-20.3	196324,833	17293819,5	2396047,48	981513,425	22481314,3	0	4006134,599	644028,5526	47999182,67	47999182,67	47,9991827	11,0229888		D-20.3	11,0229888	
D-10.1	192318,7001	5486557,56	5221200,74	2497284,76	0	5081976,041	3924386,879	630886,7412	23034611,42	20731150,28	20,7311503	8,630734717		D-10.3	12,9117038	
D-10.2	192318,7001	3842772,41	3732828	4173214,43	0	37484064,99	3924386,879	630886,7412	53980472,15	48582424,93	48,5824249	20,22569977		D-20.2	15,2282796	
D-10.3	192318,7001	11933180,8	2398275,04	982425,919	14398637,4	0	3924386,879	630886,7412	34460111,48	31014100,33	31,0141003	12,91170383		D-10.2	20,2256998	

Anejo 2. Estudio de Alternativas


Descripción	Altura balsa llena (m)	Altura coronación (m)	Altura total balsa (m)	Cota coronación (m)	Cota fondo (m)	Volumen desmante (m3)	Volumen terraplén (m3)	Volumen exceso/falta (+/-)(m3)	Área PEAD (m2)	Volumen de agua (m3)	Excavación 30 cm de tierra vegetal	Excavación Terreno desmante	Longitud al embalse	Desnivel	Ratio= Desniv/Long
E-20.1	20	1,5	21,5	1470	1448,5	7847468	2890215,551	4957252,447	262909,11	3832497,15	78872,733	7768595,26	1925	558,5	3,4
<b>E-20.2</b>	<b>20</b>	<b>1,5</b>	<b>21,5</b>	<b>1480,75</b>	<b>1459,25</b>	<b>6405142,68</b>	<b>5252930,276</b>	<b>1152212,401</b>	<b>262909,11</b>	<b>3832497,15</b>	<b>78872,733</b>	<b>6326269,94</b>	1925	569,25	3,4
E-20.3	20	1,5	21,5	1460	1438,5	10828490,1	1831232,039	8997258,096	262909,11	3832497,15	78872,733	10749617,4	1925	548,5	3,5
E-40.1	40	1,5	41,5	1470	1428,5	9976486,65	2529144,251	7447342,401	272424,74	6322709,73	81727,422	9894759,23	1925	558,5	3,4
E-40.2	40	1,5	41,5	1490,75	1449,25	5403351,69	8654408,345	-3251056,655	272424,74	6322709,73	81727,422	5321624,27	1925	579,25	3,3
E-40.3	40	1,5	41,5	1460	1418,5	13185353,3	1698005,279	11487348,05	272424,74	6322709,73	81727,422	13103625,9	1925	548,5	3,5
Coeficientes precio altura															
20 m	1														
10 m	0,9														
40 m	1,4														
Código	G2216101	G2214101	G2263211	G2412015	G2R450A7	G2266211	IMPERM	SDESGU							
Descripción	Exc. Tierra vegetal	Exc. Terreno desmante	Extendido y compactación material obra	Transporte Exc. en obra	Transporte residuos exc.	Extendido y compactación material aportación	Impermeab. PEAD+geotéxtil+ anclajes+lastres	Drenajes							
UM	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m2	m2							
Precio 2013 (€/UM)	1,89	2,75	2,49	1,02	4,14	14,46	11,57	1,86	TOTAL	coefs altura	millones €	millones€/hm3 agua	Clasificación	millones€/hm3 agua	
E-20.1	149069,4654	21363637	7196636,72	2948019,86	20523025,1	0	3041858,403	489010,9446	55711257,5	55711257,5	55,7112575	14,5365424	<b>E-20.2</b>	<b>11,5551621</b>	
E-20.2	149069,4654	17397242,3	13079796,4	5357988,88	4770159,34	0	3041858,403	489010,9446	44285125,8	44285125,8	44,2851258	11,5551621	E-20.1	14,5365424	
E-20.3	149069,4654	29561447,9	4559767,78	1867856,68	37248648,5	0	3041858,403	489010,9446	76917659,6	76917659,6	76,9176596	20,0698544	E-40.1	15,6619898	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#¡DIV/0!	E-40.2	19,4276836	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#¡DIV/0!	E-20.3	20,0698544	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#¡DIV/0!	E-40.3	20,6734159	
E-40.1	154464,8276	27210587,9	6297569,18	2579727,14	30831997,5	0	3151954,242	506710,0164	70733010,8	99026215,2	99,0262152	15,6619898			
E-40.2	154464,8276	14634466,7	13454345,7	8827496,51	0	47010279,2	3151954,242	506710,0164	87739717,3	122835604	122,835604	19,4276836			
E-40.3	154464,8276	36034971,2	4228033,14	1731965,38	47557620,9	0	3151954,242	506710,0164	93365719,8	130712008	130,712008	20,6734159			

### **APÉNDICE 3**

Hojas de cálculo para la justificación económica del estudio de alternativas  
para el material de impermeabilización del embalse superior



Descripción	Altura balsa llena (m)	Altura coronación (m)	Altura total balsa (m)	Cota coronación (m)	Cota fondo (m)	Volumen desmonte (m3)	Volumen terraplén (m3)	Volumen exceso/falta (+/-)(m3)	Área PEAD (m2)	Volumen de agua (m3)	Excavación 30 cm de tierra vegetal	Excavación Terreno desmonte		Longitud al embalse	Desnivel	Ratio= Desniv/Long
A-20.1 (Alternativa A)	20	1,5	21,5	1610	1588,5	1799254,2	1002526,526	796727,6788	187929,1	2756118,5	56378,73	1742875,47		2794	698,5	4
D-20.1 (Alternativa B)	20	1,5	21,5	1610	1588,5	3782532,88	2176208,11	1606324,773	346251,91	4354461,71	103875,573	3678657,31				
Coeficientes precio altura																
20 m	1															
10 m	0,9															
40 m	1,4															
Código	G2216101	G2214101	G2263211	G2412015	G2R450A7	G2266211	IMPERM	SDESGU	IMPER01	GD5A1705	G4SC1MHB					
Descripción	Exc. Tierra vegetal	Exc. Terreno desmonte	Extendido y compactación material obra	Transporte Exc. en obra	Transporte residuos exc.	Extendido y compactación material aportación	Impermeab. PEAD+geotéxtil+ anclajes+lastres	Drenajes para PEAD	Impermeab. con hormigón asfáltico	Drenajes para Hormigón asfático	Impermeab. Con hormigón armado (20cm)					
UM	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m2	m2	m2	m2	m3					
Precio 2013 (€/UM)	1,89	2,75	2,49	1,02	4,14	14,46	11,57	1,86	70	0,8	108,2	TOTAL	coefs altura	millones €	millones€/ hm3 agua	Sobrecostes
A(PEAD)	106555,7997	4792907,56	2496291,05	1022577,06	3298452,6	0	2174339,687	349548,126	0	0	0	14240671,9	14240671,9	14,24067187	5,166930183	
A(ASFALT)	106555,7997	4792907,56	2496291,05	1022577,06	3298452,6	0	0	0	13155037	150343,28	0	25022164,3	25022164,3	25,02216433	9,078769412	75,71%
A(HORMIGÓN)	106555,7997	4792907,56	2496291,05	1022577,06	3298452,6	0	0	0	0	0	7492891,33	19209675,4	19209675,4	19,20967538	6,969829267	34,89%
B(PEAD)	196324,833	10116307,6	5418758,2	2219732,27	6650184,6	0	4006134,599	644028,5526	0	0	0	29251470,6	29251470,6	29,25147062	6,717585907	
B(ASFALT)	196324,833	10116307,6	5418758,2	2219732,27	6650184,6	0	0	0	24237633,7	277001,528	0	49115942,7	49115942,7	49,11594269	11,2794522	67,91%
B(HORMIGÓN)	196324,833	10116307,6	5418758,2	2219732,27	6650184,6	0	0	0	0	0	7492891,33	32094198,8	32094198,8	32,0941988	7,370417042	9,72%



# Anejo 3. Cálculos hidráulicos

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS .....	2
3. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA .....	6
3.1. Captación en balsa superior .....	6
3.2. Galería de alta presión.....	7
3.3. Galería de baja presión.....	15
3.4. Restitución .....	20
3.5. Pérdidas de carga totales .....	21
3.6. Salto neto.....	23
4. CHIMENEA DE EQUILIBRIO .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diámetro óptimo para alternativa A .....	4
Tabla 2. Diámetro óptimo para alternativa B .....	5
Tabla 3. Pérdidas totales Alternativas A y B .....	22
Tabla 4. Saltos netos alternativas A y B.....	23
Tabla 5. Cálculo chimenea de equilibrio alternativa A .....	24
Tabla 6. Variación del nivel del agua en función del tiempo (oscilaciones) dentro de una chimenea de equilibrio, posterior a una maniobra de cierre de válvulas.....	25

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo se divide en tres partes:

- Dimensionamiento de tuberías
- Cálculo de las pérdidas de carga
- Dimensionamiento de chimenea de equilibrio

El proyecto analiza dos alternativas de embalse (de distintas dimensiones y por lo tanto con distintas características hidráulicas) durante todo su estudio, hasta seleccionar al final la alternativa más económica y rentable. Como se explica en el Anejo 2 de Estudio de Alternativas, la alternativa A será la escogida. De todos modos, se han realizado la mayoría de cálculos para ambas alternativas por lo que en el presente anejo se muestran los cálculos tanto para la alternativa A como para la B. En algunos apartados tan solo se muestra el procedimiento de cálculo para la alternativa seleccionada A, pero sí se muestran los resultados para ambas para facilitar la lectura del documento.

## 2. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

En el presente proyecto la tubería forzada que conectará el embalse superior (La Campona) con la central, y ésta con el embalse inferior (Matalavilla), será subterránea, y contará con un pozo con un tramo vertical y otro inclinado con revestimiento y blindaje (ver Anejo 5 de Estudio de túneles).

La sección óptima de la tubería, desde el punto de vista económico, se obtiene determinando el mínimo de la función de coste total, suma del **coste de la tubería** y del valor de la potencia, y energía **perdida por rozamiento**; este óptimo económico depende de numerosos factores como el coste del acero, el valor de las distintas clases de energía generada, etc.

En este caso, para calcular el valor de la potencia perdida por rozamiento se han utilizado las fórmulas de Darcy y Colebrook-White<sup>1</sup>:

$$i = \frac{f}{D} \frac{v^2}{2g}; \quad h_f \text{ m} = L \cdot i; \quad \frac{1}{f} = -2 \cdot \log_{10} \frac{k}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot f};$$

Donde:

<sup>1</sup> CUESTA, Luis; VALLARINO, Eugenio. (2000). *Aprovechamientos hidroeléctricos. Tomo I*. 1ª Ed. I.S.B.N.:84-380-0167-X. p. 426-429.

### Anejo 3. Cálculos hidráulicos

- $i$  es la pérdida de carga lineal (m/m)
- $L$  y  $D$  son la longitud y el diámetro en m
- $v$  es la velocidad en m/s
- $k$  es la rugosidad absoluta en m
- $Re$  es el número de Reynolds  $Re = \frac{vD}{\nu}$
- $\nu$  es la viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

Por otro lado, para calcular el coste de la tubería, se han tenido en cuenta los diferentes espesores de acero en los distintos tramos de tubería. El coste de la tubería enterrada para cada diámetro se ha calculado del mismo modo que en el Anejo 5 de Estudio de túneles.

Se presenta, en las hojas adjuntas, el cálculo del diámetro más económico de las galerías para las alternativas A y B.

Los diámetros más económicos para las siguientes alternativas son:

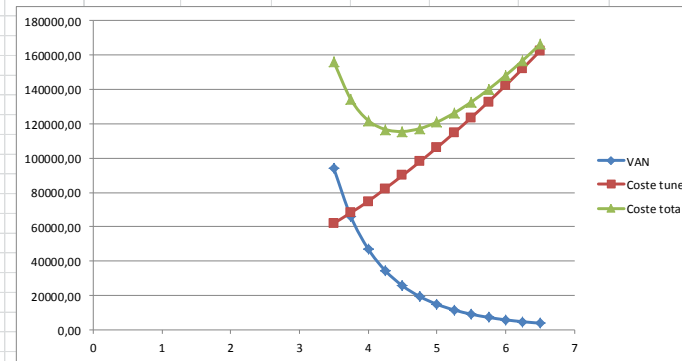
- |                 |   |       |
|-----------------|---|-------|
| - Alternativa A |  | 4,5 m |
| - Alternativa B |  | 5,5 m |



### Anejo 3. Cálculos hidráulicos

Tabla 1. Diámetro óptimo para alternativa A

			Cálculo pérdidas turbinado						Cálculo pérdidas bombeo						Energía pérdida / Gastada		Producción	Consumo					
			Diámetro (m)	vel (m/s)	F.Fricción f	pérdidas (m/m)	Pérdidas (m)	Pérdidas %	vel (m/s)	F.Fricción f	pérdidas (m/m)	Pérdidas (m)	Pérdidas %	Turbinado (Gwh/año)	Bombeo (Gwh/año)	(Gwh/año)	(Gwh/año)	Costes (10³€/año)	V.A.N (10³€ /año)	Coste tunel (€/ml)	Coste tunel (10³€)	Coste total (10³ €)	
Datos Generales			3,5	7,8	0,012350158	0,01092889	37,06	5,3	5,6	0,012376323	0,00559374	18,97	2,7	64,05	40,50	1082,66	1456,94	6018,94	94028,30	18270,71	61960	155988,303	
Caudal diseño	75	m³/s	3,75	6,8	0,012196321	0,007643922	25,92	3,7	4,9	0,012226822	0,003913885	13,27	1,9	44,80	28,34	1101,91	1444,78	4210,11	65770,66	20123,14	68242	134012,663	
Caudal medio bombeo	53,6	m³/s	4	6,0	0,012058224	0,005473021	18,56	2,7	4,3	0,012090226	0,002802756	9,50	1,4	32,08	20,29	1114,63	1436,74	3014,52	47093,01	22054,30	74791	121884,015	
Viscosidad fluido	1,06E-06	m²/s	4,25	5,3	0,011931022	0,003999233	13,56	1,9	3,8	0,011967653	0,002048874	6,95	1,0	23,44	14,83	1123,27	1431,28	2202,95	34414,58	24257,64	82263	116677,584	
Datos Tubería	Acero		4,5	4,7	0,011814204	0,002975676	10,09	1,4	3,4	0,011854606	0,001525019	5,17	0,7	17,44	11,04	1129,27	1427,49	1639,24	25608,37	26503,15	89878	115486,373	
			4,75	4,2	0,011706527	0,00225011	7,63	1,1	3,0	0,011750828	0,001153589	3,91	0,6	13,19	8,35	1133,52	1424,80	1239,63	19365,65	28843,31	97814	117179,646	
			5	3,8	0,011606956	0,001726283	5,85	0,8	2,7	0,011655278	0,000885367	3,00	0,4	10,12	6,41	1136,59	1422,86	951,12	14858,45	31277,83	106070	120928,447	
			5,25	3,5	0,011514623	0,001341828	4,55	0,7	2,5	0,011567078	0,000688459	2,33	0,3	7,86	4,98	1138,85	1421,43	739,36	11550,28	33808,19	114651	126201,282	
			5,5	3,2	0,011428787	0,001055433	3,58	0,5	2,3	0,011485481	0,000541735	1,84	0,3	6,19	3,92	1140,53	1420,37	581,60	9085,77	36432,91	123552	132637,766	
			5,75	2,9	0,011348818	0,00083918	2,85	0,4	2,1	0,011409849	0,000430915	1,46	0,2	4,92	3,12	1141,79	1419,57	462,47	7224,75	39152,58	132775	139999,748	
			6	2,7	0,011274169	0,000673864	2,29	0,3	1,9	0,011339628	0,000346173	1,17	0,2	3,95	2,51	1142,76	1418,95	371,40	5801,99	41967,20	142320	148121,991	
			6,25	2,4	0,011204367	0,000546048	1,85	0,3	1,7	0,011274337	0,000280635	0,95	0,1	3,20	2,03	1143,51	1418,48	300,98	4701,91	44876,48	152186	156887,91	
Presión estática min	628,5	m	6,5	2,3	0,011138998	0,000446193	1,51	0,2	1,6	0,011213557	0,000229418	0,78	0,1	2,62	1,66	1144,10	1418,11	245,96	3842,43	47880,70	162374	166216,427	
Presió estática med	663,5	m																					

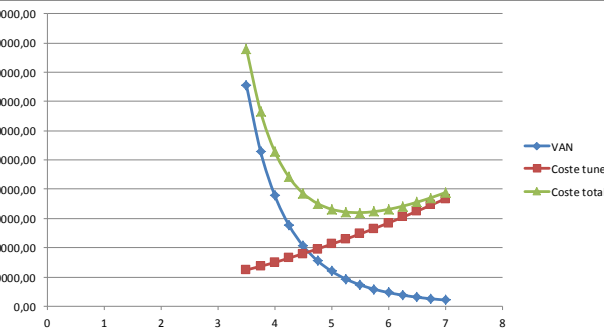


### Anejo 3. Cálculos hidráulicos

Tabla 2. Diámetro óptimo para alternativa B

			Cálculo pérdidas turbinado					Cálculo pérdidas bombeo					Energía pérdida / Gastada		Producción		Consumo		Costes		V.A.N		Coste tunel		Coste total	
			Diámetro (m)	vel (m/s)	F.Fricción f	pérdidas (m/m)	Pérdidas (m)	Pérdidas %	vel (m/s)	F.Fricción f	pérdidas (m/m)	Pérdidas (m)	Pérdidas %	Turbinado (Gwh/año)	Bombeo (Gwh/año)	(Gwh/año)	(Gwh/año)	(10³€/año)	(10³ € /año)	(€/ml)	(10³€)	(10³ €)				
Datos Generales			3,5	12,4	0,01232555	0,027643696	93,75	13,4	8,9	0,012342194	0,014127699	47,91	6,9	257,93	162,77	1567,63	2416,93	24228,11	378493,47	18270,71	61960	440453,4736				
Caudal diseño			3,75	10,8	0,01216953	0,019330693	65,55	9,4	7,7	0,012188327	0,00988114	33,51	4,8	180,37	113,84	1645,20	2368,00	16942,90	264683,40	20123,14	68242	332925,4029				
Caudal medio bombeo			4	9,5	0,01202710	0,013835376	46,92	6,7	6,8	0,01204816	0,007073593	23,99	3,4	129,09	81,50	1696,47	2335,66	12126,89	189447,24	22054,30	74791	264238,2382				
Viscosidad fluido			1,06E-06	m2/s	4,25	8,4	0,01189642	0,010106515	34,27	4,9	6,0	0,011919837	0,005168267	17,53	2,5	94,30	59,54	1731,26	2313,71	8858,88	138394,16	24257,64	82263	220657,1647		
			4,5	7,5	0,01177597	0,007517338	25,49	3,6	5,4	0,011801854	0,003845094	13,04	1,9	70,14	44,30	1755,42	2298,46	6589,64	102943,86	26503,15	89878	192821,8593				
Datos Tubería			4,75	6,7	0,01166453	0,005682364	19,27	2,8	4,8	0,011691974	0,00290696	9,86	1,4	53,02	33,49	1772,54	2287,65	4981,27	77817,81	28843,31	97814	175631,8061				
Tipo de tubería			Acero	5	6,1	0,01156106	0,004357903	14,78	2,1	4,3	0,011591156	0,002229955	7,56	1,1	40,66	25,69	1784,90	2279,85	3820,41	59682,83	31277,83	106070	165752,8283			
Rugosidad Absoluta			0,4	mm	5,25	5,5	0,01146471	0,003386073	11,48	1,6	3,9	0,011497534	0,001733115	5,88	0,8	31,59	19,97	1793,97	2274,13	2968,60	46375,74	33808,19	114651	161026,7392		
Longitud Tubería			3391,22	m	5,5	5,0	0,01137473	0,002662303	9,03	1,3	3,6	0,011411369	0,00136315	4,62	0,7	24,84	15,71	1800,72	2269,87	2334,23	36465,59	36432,91	123552	160017,5931		
Pérdidas Localizadas			0	ud	5,75	4,6	0,01129050	0,002115943	7,18	1,0	3,3	0,011330041	0,001083706	3,68	0,5	19,74	12,49	1805,82	2266,65	1855,31	28983,73	39152,58	132775	161758,728		
Coeficiente pérđ. Loc			0,5		6	4,2	0,01121149	0,001698388	5,76	0,8	3,0	0,011254001	0,000870102	2,95	0,4	15,85	10,02	1809,72	2264,19	1489,27	23265,51	41967,20	142320	165585,5077		
Presión estática máx			698,5	m	6,25	3,9	0,01113722	0,001375645	4,67	0,7	2,8	0,011182778	0,000704967	2,39	0,3	12,84	8,12	1812,73	2262,28	1206,34	18845,53	44876,48	152186	171031,5254		
Presión estática min			628,5	m	6,5	3,6	0,01106728	0,00112358	3,81	0,5	2,6	0,011115959	0,000575969	1,95	0,3	10,48	6,64	1815,08	2260,80	985,36	15393,33	47880,70	162374	177767,3346		
Presió estática med			663,5	m	6,75	3,3	0,01100132	0,000924817	3,14	0,4	2,4	0,011053183	0,000474229	1,61	0,2	8,63	5,46	1816,94	2259,63	811,10	12671,04	50979,88	172884	185555,0383		
			7	3,1	0,01093903	0,000766688	2,60	0,4	2,2	0,01099413	0,000393269	1,33	0,2	7,15	4,53	1818,41	2258,69	672,46	10505,17	54174,01	183716	194221,1655				
Datos Económicos																										
Precio kWh Turbinado			0,075	€/kWh	Diámetro óptimo 5,5 m																					
Precio kWh Bombeo			0,03	€/kWh																						
Ratio			2,5																							
Datos funcionamiento																										
Horas turbinado día			10	h																						
Volumen llenado			4,3	hm3																						
Horas año turbinado			2610	h	(365días-52*2días de finde)																					
Horas año bombeo			3654	h	(365días-52*2días de finde)																					
Relación horas			71	%																						
Rendimiento turbina			0,9																							
Rendimiento bomba			0,9																							
Datos proyección económica																										
Tasa de retorno			4	%																						
Años de amoi rtización			25	años																						

Diámetro óptimo



### 3. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

En este apartado se realizan los cálculos pertinentes para determinar el salto neto del aprovechamiento y las pérdidas de carga de los diferentes elementos que conforman el circuito hidráulico. A lo largo del presente proyecto se estudian dos alternativas (A y B). El cálculo de las pérdidas de carga se ha realizado para ambas alternativas, pero para facilitar la lectura de documento, tan solo se muestran los cálculos para la alternativa A, ya que el cálculo de las pérdidas se realiza siguiendo el mismo procedimiento para ambas alternativas. Al final del apartado se presentaran los resultados y el cálculo del salto neto para las dos alternativas de estudio.

#### 3.1. Captación en balsa superior

La obra de captación consiste en una gran reja circular de 16 m diámetro, con una estructura reticular de hormigón armado en la que se situarán las rejillas de acero, las cuales consistirán en pletinas de 20 mm de espesor separadas 50 mm.

La velocidad de aproximación será prácticamente nula, mientras que la velocidad interior en la zona de inicio del pozo se aproximará a los 0.4 m/s.

Se calcula la pérdida según la formulación de I.E. Idel'chik<sup>2</sup>.

Caudal de diseño	75 m <sup>3</sup> /s
Área de paso agua a través rejillas	188,92 m <sup>2</sup>

#### Pérdidas de carga en rejillas

(Re>10.000)

v <sub>1</sub> =	0,397 m/s	velocidad aguas arriba reja
(v <sub>1</sub> <sup>2</sup> )/2g=	0,008 m/s	
l=	500 mm	Largo pletina
d <sub>M</sub> =	20 mm	Espesor pletina
a <sub>0</sub> =	50 mm	Separación entre barras
S <sub>1</sub> =	70 mm	Separación entre ejes de barra
a <sub>0</sub> /S <sub>1</sub> =	0,714	
l/d <sub>M</sub> =	25	
Θ=	90 °	
c'=	1,3	Coeficiente de limpieza

Estamos en Caso B

<sup>2</sup> IDEL'CHIK, I.E. (1966). *Handbook of hydraulic resistance: coefficients of local resistance and friction*. U.S. Atomic Energy Commission and the National Science Foundation, Washington, D.C.

**Caso A**

$$\frac{l}{d_M} = 5 \quad \text{et} \quad \frac{a_0}{S_1} > 0,5$$

$$\Delta H = \beta_1 k_1 \sin \theta \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\beta_1 = 1,77$$

$$k_1 = 0,294723$$

$$\Delta H = 0,0042 \text{ m}$$

$$\Delta H' = 0,0054 \text{ m}$$

**Caso B**

$$\frac{l}{d_M} \quad \text{et} \quad \frac{a_0}{S_1} : \text{quelconques}$$

$$\Delta H = \beta_2 \zeta' \sin \theta \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$l/DH = 10$$

$$T = 0,2$$

$$f = 0,714$$

$$\xi = 2,4$$

$$\Delta H = 0,0193 \text{ m}$$

$$\Delta H' = 0,0251 \text{ m}$$

$$H_0 = 0,0251 \text{ m}$$

## 3.2. Galería de alta presión

### 3.2.1. Transición

El inicio de la conducción se inicia con una transición troncocónica suave de diámetro inicial 15,5 m y diámetro final 4,5 m.

Las pérdidas de carga se calculan con la siguiente expresión:

$$h = k \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

**Pérdidas de carga en estrechamiento**

d1	15,5 m	Diámetro inicial
d2	4,5 m	Diámetro final
Q	75 m <sup>3</sup> /s	Caudal
k	0,11	Coefficiente de transición (suave)
a1	188,69 m <sup>2</sup>	área 1
a2	15,90 m <sup>2</sup>	área 2
v1	0,397 m/s	vel 1
v2	4,716 m/s	vel 2

$$H_1 = 0,1238 \text{ m}$$

### 3.2.2. Pozo tramo 1

El pozo, de 4,5 m de diámetro interior, se divide en tres secciones. La primera vertical de 20 m de longitud, la segunda casi horizontal de 189 m de desarrollo, y la tercera, nuevamente vertical, de 412 m de longitud. Estos tres tramos se encuentran unidos mediante dos curvas de radio 10 m. Considerando un revestimiento de acero con protección de epoxi, se considera adecuado un coeficiente de rugosidad absoluto de 0,1 mm. Las pérdidas de carga localizadas para una curva de radio 10 m y diámetro 4,5 suponen un coeficiente de pérdidas de 0,125, según I.E. Idel'chik<sup>3</sup>, por lo que aplicaremos este valor en el cálculo de las pérdidas totales del tramo.

Aplicando la ecuación de Colebrook, obtenemos unas pérdidas localizadas en el tramo de:

#### Pérdidas de carga en pozo tramo 1 (Ecuación de Colebrook)

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	1,63E+07
D (diámetro interior)	4,5 m	k/(3,7*ID)	6,01E-06
A (area)	15,90 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	1,07E-11
Q (caudal)	75 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,009536158
v (velocidad)	4,716 m/s		
L (longitud tramo)	621 m	ΔHLong	1,4916 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	ΔHLoc	0,2834 m
k2 (coef I.E.Idel'chik)	0,125		
num curvas radio 10m	2		

**H2a 1,7749 m**

### 3.2.3. Válvula mariposa

En el tramo horizontal se situará una válvula de mariposa para el cierre de emergencia de la galería. El coeficiente de pérdida aplicable a la lenteja de la válvula se estima en  $k = 0,22$  en su posición de apertura total.

Las pérdidas por estos elementos serán por tanto las siguientes:

$$h = K \frac{v^2}{2g}$$

**H2b 0,2494 m**

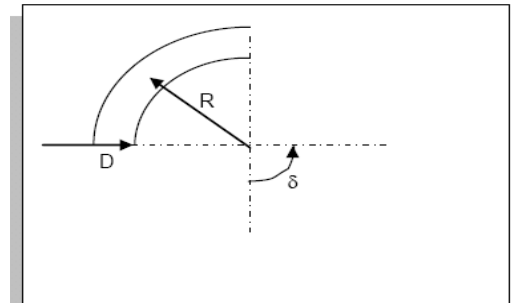
<sup>3</sup> IDEL'CHIK, op.cit, (1966)



### 3.2.4. Codo 1

Al final del pozo se produce un cambio de pendiente mediante una ángulo de 77,36°. Para relaciones  $R/d > 1,5$ , la pérdida se calcula con la expresión de I.E. Idel'chik<sup>4</sup>.

Pérdidas de carga codo 1		R/D > 1,5 (Paredes lisas)	
k (rugosidad abs)	0,02	mm	
D (diámetro interior)	4,5	m	
A (area)	15,90	m <sup>2</sup>	
Q (caudal)	75	m <sup>3</sup> /s	
v (velocidad)	4,715	m/s	
δ	77,36	°	
Radio	15	m	
R/D	3,33		
A	0,88		
B	0,12		
C	1		
km	0,10		
kf	0,09		
kt	0,19		



$$k_m = A \cdot B \cdot C$$

$$k_f = 0,0175 k R/D \delta$$

$$k_t = k_m + k_f$$

$$\begin{array}{c|c} \delta^\circ & \leq 70^\circ \\ \hline A_1 & 0.9 \sin \delta^\circ \end{array} \quad B_1 = \frac{0.21}{\sqrt{R/D}}; \quad C_1 = 1.0$$

(for circular or square cross section "C<sub>1</sub> = 1.0)

$$H = (k_m + k_f) \frac{v^2}{2g}$$

**H3 0,2168 m**

### 3.2.5. Galería inclinada

El tramo consta de una longitud de 1304,94 m, con la misma sección interior de 4,5 m de diámetro y el mismo tipo de revestimiento de acero. Las pérdidas se calcularán según las ecuaciones de Colebrook.

#### Pérdidas de carga en pozo tramo 1 (Ecuación de Colebrook)

k (rugosidad abs)	0,1	mm	Re	1,63E+07
D (diámetro interior)	4,5	m	k/(3,7*ID)	6,01E-06
A (area)	15,90	m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	1,07E-11

<sup>4</sup> IDEL'CHIK, op.cit, (1966)

### Anejo 3. Cálculos hidráulicos

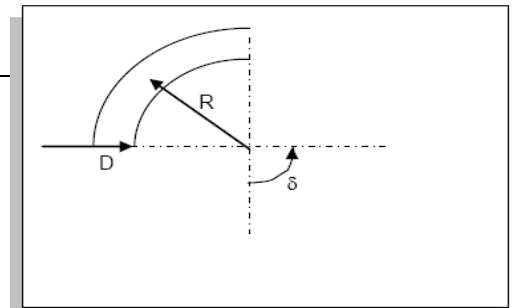
Q (caudal)	75 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,00953616
v (velocidad)	4,716 m/s		
L (longitud tramo)	1304,94 m	$\Delta H_{Long}$	3,1343 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	$\Delta H_{Loc}$	0 m
k2 (coef I.E.Idel'chik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H4 3,1343 m**

#### 3.2.6. Codo 2

El tramo inclinado pasa a horizontal, con un codo de 12.64°. Aplicamos la misma expresión de Idel'chik.

Pérdidas de carga codo 2		R/D > 1,5 (Paredes lisas)
k (rugosidad abs)	0,02 mm	
D (diámetro interior)	4,5 m	
A (area)	15,90 m <sup>2</sup>	
Q (caudal)	75 m <sup>3</sup> /s	
v (velocidad)	4,716 m/s	
$\delta$	12,64 °	
Radio	15 m	
R/D	3,33	
A	0,20	
B	0,12	
C	1	
km	0,02	
kf	0,015	
kt	0,037	



$$k_m = A \cdot B \cdot C$$

$$k_f = 0,0175 k R/D \delta$$

$$k_t = k_m + k_f$$

$\delta^\circ$	$\leq 70^\circ$	$B_1 = \frac{0.21}{\sqrt{R/D_h}}$
$A_1$	$0.9 \sin \delta^\circ$	

$$k_m = A \cdot B \cdot C$$

$$k_f = 0,0175 k R/D \delta$$

$$k_t = k_m + k_f$$

**H5 0,0424 m**

#### 3.2.7. Galería horizontal

Tras este codo la galería prosigue horizontal hasta la bifurcación, con una longitud de 167,30 m. Las pérdidas de este tramo se calcularán mediante Colebrook.

**Pérdidas de carga en pozo tramo 1 (Ecuación de Colebrook)**

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	1,63E+07
D (diámetro interior)	4,5 m	k/(3,7*ID)	6,01E-06
A (área)	15,90 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	1,07E-11
Q (caudal)	75 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,00953616
v (velocidad)	4,716 m/s		
L (longitud tramo)	167,3 m	ΔHLong	0,4018 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	ΔHLoc	0 m
k2 (coef I.E.Idel'chik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H6 0,4018 m**

**3.2.8. Bifurcación**

La calcularemos según la expresión de I.E. Idel'chik, considerando una bifurcación a 45° con diámetro de entrada 4,5 m y diámetros de salida iguales de 3,2m.

**Pérdidas de bifurcación**

S1+S2>St

Dt (diámetro interior)	4,5 m
St (área)	15,90 m <sup>2</sup>
Qt (caudal)	75 m <sup>3</sup> /s
vt (velocidad)	4,716 m/s
D1	3,2 m
S1	8,04 m <sup>2</sup>
Q1	37,5 m <sup>3</sup> /s
v1	4,663 m/s
D2	3,2 m
S2	8,04 m <sup>2</sup>
Q2	37,5 m <sup>3</sup> /s
v2	4,663 m/s

v1/v2

1

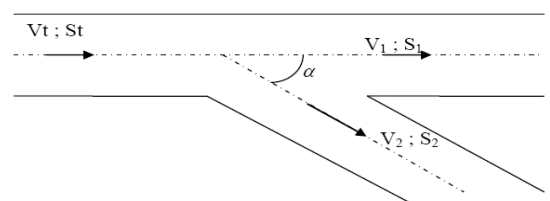
ξ

0,58

$$H = \frac{\xi}{\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2}$$

**H7 0,5800 m**

V1/V2	Valor de ξ				
	α				
	15	30	45	60	90
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.92	0.94	0.97	1.00	1.00
0.2	0.65	0.70	0.75	0.84	1.01
0.4	0.38	0.46	0.60	0.76	1.05
0.6	0.20	0.31	0.50	0.65	1.15
0.8	0.09	0.25	0.51	0.80	1.32
1.0	0.07	0.27	0.58	1.00	1.45
1.2	0.12	0.36	0.74	1.23	1.60
1.4	0.24	0.70	0.98	1.54	1.77
1.6	0.46	0.80	1.30	1.98	1.90
2.0	1.10	1.52	2.16	3.00	2.45
2.6	2.75	3.23	4.10	5.15	
3.0	7.20	7.40	7.80	8.10	
4.0	14.10	14.20	14.80	15.00	
5.0	23.20	23.50	23.80	24.00	
6.0	34.20	34.50	35.00	35.00	
8.0	62.00	62.70	63.00	63.00	
10.0	98.00	98.30	98.60	99.00	



### 3.2.9. Ramal turbina izquierda

Este ramal se compone de un tramo recto de 3,2 m de diámetro seguido de un codo 45°, una transición de 3,2 a 1,75 y un tramo recto de 1.75 m hasta la turbina de 8 m. (No se consideran las pérdidas de la válvula de guardia por tratarse de una válvula esférica). Las pérdidas de este ramal las calcularemos por los métodos empleados hasta ahora.

#### Pérdidas de carga en Ramal turbina izquierda (Ecuación de Colebrook)

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	1,15E+07
D (diámetro interior)	3,2 m	k/(3,7*ID)	8,45E-06
A (area)	8,04 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	6,76E-11
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,0101061
v (velocidad)	4,663 m/s		
L (longitud tramo)	16 m	ΔHLong	0,0560 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	ΔHLoc	0 m
k2 (coef I.E.Idel'chik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H8.i.1      0,0560 m**

#### Pérdidas de carga en Ramal turbina izquierda (Codo)

k (rugosidad abs)	0,02 mm
D (diámetro interior)	3,2 m
A (área)	8,04 m <sup>2</sup>
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s
v (velocidad)	4,663 m/s
δ	45 °
Radio	10 m
R/D	3,12
A	0,64
B	0,12
C	1
km	0,08
kf	0,05
kt	0,12

**H8.i.2      0,1383 m**



**Pérdidas de carga en Ramal turbina izquierda (estrechamiento)**

d1	3,2 m	Diámetro inicial	
d2	1,75 m	Diámetro final	
Q	37,5 m3/s	Caudal	
k	0,11	Coeficiente de transición (suave)	
a1	8,04 m2	area 1	
a2	2,41 m2	area 2	
v1	4,663 m/s	vel 1	
v2	15,591 m/s	vel 2	

$$h = k \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

**H8.i.3 1,2409 m**

**Pérdidas de carga en Ramal turbina izquierda (Ecuación de Colebrook)**

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	2,10E+07
D (diámetro interior)	1,75 m	k/(3,7*ID)	1,54E-05
A (area)	2,40 m2	f (objetivo=0)	1,98E-11
Q (caudal)	37,5 m3/s	f (solver)	0,01094088
v (velocidad)	15,591 m/s		
L (longitud tramo)	8 m	ΔHLong	0,6196 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m2/s	ΔHLoc	0 m
k2 (coef I.E.Idel'chik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H8.i.4 0,6196 m**

**H8.i  
(1+2+3+4) 2,0548 m**

**3.2.10. Ramal turbina derecha**

Este ramal se compone de un tramo recto de 3,2 m de diámetro y 19,2 m de longitud, seguido de una transición de 3,2 a 1,75 y un tramo recto de 1,75 m hasta la turbina de 8 m. (No se consideran las pérdidas de la válvula de guardia por tratarse de una válvula esférica). Las pérdidas de este ramal las calcularemos por los métodos empleados hasta ahora.

**Pérdidas de carga en Ramal turbina derecha (Ecuación de Colebrook)**

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	1,15E+07
D (diámetro interior)	3,2 m	k/(3,7*ID)	8,45E-06
A (area)	8,04 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	6,76E-11
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,0101061
v (velocidad)	4,663 m/s		
L (longitud tramo)	19,2 m	ΔHLong	0,0672 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	ΔHLoc	0 m
k2 (coef I.E.Idel'cik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H8.d.1 0,0672 m**

**Pérdidas de carga en Ramal turbina derecha (estrechamiento)**

d1	3,2 m	Diámetro inicial	
d2	1,75 m	Diámetro final	
Q	37,5 m <sup>3</sup> /s	Caudal	
k	0,11	Coeficiente de transición (suave)	
a1	8,04 m <sup>2</sup>	area 1	
a2	2,41 m <sup>2</sup>	area 2	$h = k \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$
v1	4,663 m/s	vel 1	
v2	15,591 m/s	vel 2	

**H8.d.2 1,2409 m**

**Pérdidas de carga en Ramal turbina derecha (Ecuación de Colebrook)**

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	2,10E+07
D (diámetro interior)	1,75 m	k/(3,7*ID)	1,54E-05
A (area)	2,41 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	1,98E-11
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,01094088
v (velocidad)	15,591 m/s		
L (longitud tramo)	8 m	ΔHLong	0,6196 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	ΔHLoc	0 m
k2 (coef I.E.Idel'cik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H8.d.3 0,6196 m**

**H8.d  
(1+2+3) 1,9277 m**

### 3.3. Galería de baja presión

#### 3.3.1. Ramal turbina izquierda restitución

Las pérdidas de la restitución desde la turbina izquierda consisten en una galería de 3,8 m de diámetro con una longitud de 8 m, un codo 135° y un tramo recto de 8 m y del mismo diámetro. Estas pérdidas se obtienen de la siguiente manera:

#### Pérdidas de carga en Ramal turbina izquierda restitución (Ecuación de Colebrook)

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	9,65E+06
D (diámetro interior)	3,8 m	$k/(3,7 \cdot ID)$	7,11E-06
A (area)	11,34 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	-4,40E-11
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,0099508
v (velocidad)	3,307 m/s		
L (longitud tramo)	8 m	$\Delta H_{Long}$	0,0117 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	$\Delta H_{Loc}$	0 m
k <sub>2</sub> (coef I.E. Idel'cik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H9.i.1      0,0117 m**

#### Pérdidas de carga en Ramal turbina izquierda restitución (Codo)

k (rugosidad abs)	0,02 mm
D (diámetro interior)	3,8 m
A (area)	11,34 m <sup>2</sup>
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s
v (velocidad)	3,307 m/s
$\delta$	45 °
Radio	10 m
R/D	2,63
A	0,64
B	0,13
C	1
km	0,08
kf	0,04
kt	0,12

**H9.i.2      0,0690 m**

**Pérdidas de carga en Ramal turbina izquierda (Ecuación de Colebrook)**

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	9,65E+06
D (diámetro interior)	3,8 m	$k/(3,7 \cdot ID)$	7,11E-06
A (area)	11,34 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	-2,06E-10
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,0099508
v (velocidad)	3,307 m/s		
L (longitud tramo)	8 m	$\Delta H_{Long}$	0,0117 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	$\Delta H_{Loc}$	0 m
k2 (coef I.E.Idel'cik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H9.i.3      0,0117 m**

**H9.i  
(1+2+3)      0,0924 m**

**3.3.2. Ramal turbina derecha restitución**

Consiste en un único tramo recto de 20 de longitud y 3.8 m de diámetro. Las pérdidas se calculan del siguiente modo:

**Pérdidas de carga en Ramal turbina derecha restitución (Ecuación de Colebrook)**

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	9,65E+06
D (diámetro interior)	3,8 m	$k/(3,7 \cdot ID)$	7,11E-06
A (area)	11,34 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	-4,40E-11
Q (caudal)	37,5 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,0099508
v (velocidad)	3,307 m/s		
L (longitud tramo)	20 m	$\Delta H_{Long}$	0,0292 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	$\Delta H_{Loc}$	0 m
k2 (coef I.E.Idel'cik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H9.d      0,0292 m**

**3.3.3. Unificación en restitución**

Aplicaremos la expresión de I.E. Idel'chik para reuniones a 45° de conductos de igual sección y caudal.

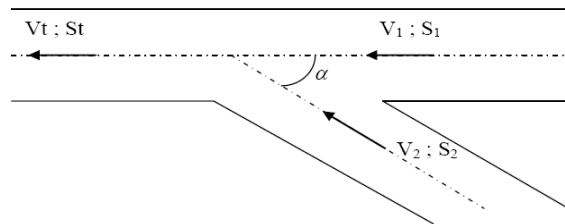
<b>Pérdidas en unificación</b>	<b>S1+S2&gt;St</b>	<b><math>\alpha=45^\circ</math></b>
Dt (diámetro interior)	4,5 m	
St (area)	15,90 m <sup>2</sup>	
Qt (caudal)	75 m <sup>3</sup> /s	
vt (velocidad)	4,716 m/s	



D1=D2	3,8 m
S1=S2	11,34 m <sup>2</sup>
Q1=Q2	37,5 m <sup>3</sup> /s
v1=v2	3,307 m/s
Q1/Qt	0,5
S1/St	0,71
ξ	0,52

**H10 1,0577 m**

$$H = \frac{\xi}{\left( \frac{Q_1 S_t}{Q_t S_1} \right)^2}$$



Valores de ξ							
Q1/Qt	S1/St						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
0.1	0.24	-0.45	-0.56	-0.59	-0.61	-0.62	-0.63
0.2	3.15	0.54	-0.02	0.17	-0.26	-0.28	-0.29
0.3	8.00	1.64	0.60	0.30	0.08	0.00	-0.03
0.4	14.00	3.15	1.30	0.72	0.35	0.25	0.21
0.5	21.90	5.00	2.10	1.18	0.60	0.45	0.40
0.6	31.60	6.90	2.97	1.65	0.85	0.60	0.53
0.7	42.90	9.20	3.90	2.15	1.02	0.70	0.60
0.8	55.90	12.40	4.90	2.66	1.20	0.79	0.66
0.9	70.60	15.40	6.20	3.20	1.30	0.80	0.64
1	86.90	18.90	7.40	3.71	1.42	0.80	0.59

### 3.3.4. Galería de baja presión

La galería de baja presión, desde la unificación, tiene una longitud de 1115,90 m hasta el codo previo a la torre de compuertas. Para un diámetro de 4,5 m las pérdidas del tramo son de:

#### Pérdidas de carga en galería baja presión (Ecuación de Colebrook)

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	1,63E+07
D (diámetro interior)	4,5 m	k/(3,7*ID)	6,01E-06
A (area)	15,90 m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	1,071E-11
Q (caudal)	75 m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,00953616
v (velocidad)	4,716 m/s		
L (longitud tramo)	1115,9 m	ΔHLong	2,6803 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m <sup>2</sup> /s	ΔHLoc	0 m
k2 (coef I.E. Idel'cik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H11 2,6803 m**

### 3.3.5. Codo 3 restitución

Antes de llegar a la restitución en el embalse la galería toma una pendiente horizontal, por lo que se forma un codo de  $2,44^\circ$ .

Las pérdidas de carga se calculan según la expresión de I.E. Idel'chik, tal y como se muestra a continuación:

#### Pérdidas de carga codo 3

Resitución	R/D>1,5 (Paredes lisas)	
k (rugosidad abs)	0,02	mm
D (diámetro interior)	4,5	m
A (area)	15,90	m <sup>2</sup>
Q (caudal)	75	m <sup>3</sup> /s
v (velocidad)	4,716	m/s
$\delta$	2,44	°
Radio	15	m
R/D	3,33	
A	0,04	
B	0,12	
C	1	
km	0,004	
kf	0,003	
kt	0,007	

**H12 0,0082 m**

### 3.3.6. Tramo horizontal

Desde el codo hasta la restitución final hay dos tramos horizontales de igual geometría y diferentes longitudes. El primero de 6,2 m y el segundo de 76,3 m. Siendo se igual geometría calcularemos sus pérdidas como un único conducto de 82,5 m.

#### Pérdidas de carga en tramos horizontales restitución(Ecuación de Colebrook)

k (rugosidad abs)	0,1	mm	Re	1,63E+07
D (diámetro interior)	4,5	m	k/(3,7*ID)	6,01E-06
A (area)	15,90	m <sup>2</sup>	f (objetivo=0)	1,07E-11
Q (caudal)	75	m <sup>3</sup> /s	f (solver)	0,00953616
v (velocidad)	4,716	m/s		
L (longitud tramo)	82,5	m	$\Delta H_{Long}$	0,1982 m
viscosidad relativa	1,30E-06	m <sup>2</sup> /s	$\Delta H_{Loc}$	0 m
k2 (coef I.E.Idel'cik)	0			
num curvas radio 10m	0			

**H13 0,1982 m**

### 3.3.7. Transiciones redondo cuadrado

En este tramo hay dos transiciones redondo-cuadrado, situadas aguas arriba y agua debajo de la torre de compuertas, y una tercera transición redondo-cuadrado antes del abocinamiento de salida. Siendo las tres de igual geometría, calcularemos la pérdida de una de ella y la aplicaremos a las tres.

#### Pérdidas de carga en transiciones redondo-cuadrado

d1	4,5 m	Diámetro inicial
lado2	4,5 m	Diámetro final
Q	75 m3/s	Caudal
k	0,18	Coefficiente de transición (suave)

a1	15,90 m2	área 1
a2	20,25 m2	área 2
v1	4,716 m/s	vel 1
v2	3,704 m/s	vel 2
num trans	3	

$$h = k \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

**H14 0,0282 m**

### 3.3.8. Tramo recto de sección cuadrada

En la zona de la torre de compuertas la galería presenta una sección cuadrada de 4,5 x 4,5 m. Este tramo presenta una longitud de 20 m. Las pérdidas las calculamos como una sección circular de área equivalente a la cuadrada.

#### Pérdidas de carga en tramo recto cuadrado(Ecuación de Colebrook)

k (rugosidad abs)	0,1 mm	Re	1,15E+07
D (diámetro interior)	6,36 m	k/(3,7*ID)	4,25E-06
A (area)	31,81 m2	f (objetivo=0)	-1,19E-10
Q (caudal)	75 m3/s	f (solver)	0,00929312
v (velocidad)	2,358 m/s		
L (longitud tramo)	20 m	ΔHLong	0,0083 m
viscosidad relativa	1,30E-06 m2/s	ΔHLoc	0 m
k2 (coef I.E.Idel'cik)	0		
num curvas radio 10m	0		

**H15 0,0083 m**

### 3.4. Restitución

#### 3.4.1. Ensanchamiento

Tras la transición redondo-cuadrado se produce un ensanchamiento hidrodinámico de la sección hasta alcanzar los 9 x 12 m. Las pérdidas por este ensanchamiento serán:

##### Pérdidas de carga en ensanchamiento restitución

b1	4,5 m	Base rectángulo 1
c1	4,5 m	Lado rectángulo 1
b2	12	Base rectángulo 2
c2	9	Lado rectángulo 2
Q	75 m <sup>3</sup> /s	Caudal
k	0,11	Coeficiente de transición (suave)

a1	20,25 m <sup>2</sup>	area 1
a2	108 m <sup>2</sup>	area 2
v1	3,704 m/s	vel 1
v2	0,694 m/s	vel 2

$$h = k \frac{(v_2 - v_1)^2}{2g}$$

**H16      0,0508 m**

#### 3.4.2. Reja

Aplicamos la formulación de Idel'chik. Consideramos que las pletinas serán de 20 mm de espesor y separadas 50 mm, con un posicionamiento vertical y de sección rectangular.

Caudal de diseño	75 m <sup>3</sup> /s
Area de paso agua a través rejas	108 m <sup>2</sup>

##### Pérdidas de carga en rejas embalse inferior (Re>10.000)

v1=	0,694 m/s	velocidad aguas arriba reja
(v1 <sup>2</sup> )/2g=	0,025 m/s	
l=	500 mm	Largo pletina
dM=	20 mm	Espesor pletina
a0=	50 mm	Separación entre barras
S1=	70 mm	Separación entre ejes de barra
a0/S1=	0,71	
l/dM=	25	
Θ=	90 °	
c'=	1,3	Coeficiente de limpieza

Estamos en Caso B

**Caso A**

$$\frac{l}{d_M} = 5 \quad \text{et} \quad \frac{a_0}{S_1} > 0,5$$

$$\Delta H = \beta_1 k_1 \sin \theta \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\beta_1 = 1,77$$

$$k_1 = 0,294723$$

$$\Delta H = 0,0128 \text{ m}$$

$$\Delta H' = 0,0167 \text{ m}$$

$$\frac{l}{d_M} \quad \text{et} \quad \frac{a_0}{S_1} : \text{quelconques} \quad \Delta H = \beta_2 \xi' \sin \theta \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$l/DH = 10$$

$$T = 0,2$$

$$f = 0,71428571$$

$$\xi = 2,4$$

$$\Delta H = 0,0590 \text{ m}$$

$$\Delta H' = 0,0767 \text{ m}$$

$$\mathbf{H17 \quad 0,0767 \text{ m}}$$

### 3.5. Pérdidas de carga totales

El resumen de las pérdidas de carga para las dos alternativas estudiadas a lo largo del presente proyecto es el siguiente:

Pérdidas de carga Alternativa A		Turbina izq	Turbina dcha
Captación balsa superior			
	Reja (H0)	0,0251	
Galería alta presión			
	Transición (H1)	0,1238	
	Pozo (H2a)	1,7749	
	Válvulas (H2b)	0,2494	
	Codo 1 (H3)	0,2168	
	Galería inclinada (H4)	3,1343	
	Codo 2 (H5)	0,0424	
	Galería horizontal (H6)	0,4018	
	Bifurcación (H7)	0,5800	
	Ramal turbina (H8)	2,0548	1,9277



Anejo 3. Cálculos hidráulicos

<b>Galería baja presión</b>			
	Ramal turbina(H9)	0,0924	0,0292
	Unificación (H10)	1,0577	
	Galería (H11)	2,6803	
	Codo 3 (H12)	0,0082	
	Tramo horizontal (H13)	0,1982	
	Transiciones redondo-cuadrado (H14)	0,0282	
	Tramo sección cuadrada (H15)	0,0083	
<b>Restitución</b>			
	Ensanchamiento (H16)	0,0508	
	Reja (H17)	0,0767	
<b>Pérdidas totales</b>		12,8039	12,6136
<b>Pérdidas medias</b>		<b>12,71 m</b>	

<b>Pérdidas de carga Alternativa B</b>		Turbina izq	Turbina dcha
<b>Captación balsa superior</b>			
	Reja (H0)	0,0635	
<b>Galería alta presión</b>			
	Transición (H1)	0,1394	
	Pozo (H2a)	1,6598	
	Válvulas (H2b)	0,2832	
	Codo 1 (H3)	0,2388	
	Galería inclinada (H4)	2,8115	
	Codo 2 (H5)	0,0478	
	Galería horizontal (H6)	0,3734	
	Bifurcación (H7)	0,5800	
	Ramal turbina (H8)	2,9368	2,6920
<b>Galería baja presión</b>			
	Ramal turbina(H9)	0,1692	0,0493
	Unificación (H10)	0,6423	
	Galería (H11)	2,4042	
	Codo 3 (H12)	0,0093	
	Tramo horizontal (H13)	0,1777	
	Transiciones redondo-cuadrado (H14)	0,0320	
	Tramo sección cuadrada (H15)	0,0074	
<b>Restitución</b>			
	Ensanchamiento (H16)	0,0583	
	Reja (H17)	0,0833	
<b>Pérdidas totales</b>		12,7178	12,3532
<b>Pérdidas medias</b>		<b>12,54 m</b>	

Tabla 3. Pérdidas totales Alternativas A y B

### 3.6. Salto neto

El salto neto para cada una de las alternativas es el siguiente:

Salto	neto	Alternativa	A
<b>Cota máxima balsa</b>	<b>1608,5</b>	msnm	
<b>Cota mínima explotación</b>	<b>910</b>	msnm	
<b>Salto bruto</b>	<b>698,5</b>	m	
<b>Salto neto máx turb izq</b>	<b>685,70</b>	m	
<b>Salto neto máx turb dcha</b>	<b>685,89</b>	m	
<b>Salto neto máx medio</b>	<b>685,79</b>	m	

Salto	neto	Alternativa	B
<b>Cota máxima balsa</b>	<b>1608,5</b>	msnm	
<b>Cota mínima explotación</b>	<b>910</b>	msnm	
<b>Salto bruto</b>	<b>698,5</b>	m	
<b>Salto neto máx turb izq</b>	<b>685,78</b>	m	
<b>Salto neto máx turb dcha</b>	<b>686,15</b>	m	
<b>Salto neto máx medio</b>	<b>685,96</b>	m	

Tabla 4. Saltos netos alternativas A y B

## 4. CHIMENEA DE EQUILIBRIO

En la galería de baja presión se hará necesaria la instalación de un elemento de reducción de los transitorios, dado que en situación de embalse bajo, la línea de presión se encontrará muy próxima a la conducción, pudiéndose producir vacío por los transitorios provocados por cualquier maniobra.

Se descartan las soluciones con cámaras de expansión, dado que la cota de terreno en la zona de la central es prácticamente la misma que la cota de lámina de embalse. Se plantea por tanto el diseño de una chimenea de equilibrio, de manera que la lámina puede oscilar por encima de la cota 960 (nivel máximo de embalse)

A continuación se incluyen los cálculos justificados de la chimenea, la cual se ha dimensionada con un diámetro de 8 m para la alternativa A i un diámetro de 9 m para la alternativa B.

#### Datos para el cálculo

Viscosidad fluido	1,06E-06	m <sup>2</sup> /s
-------------------	----------	-------------------

#### Datos tanque de equilibrio

Diámetro tanque	8	m
Área del tanque ( $\Omega$ )	50,3	m <sup>2</sup>
Cota base del tanque	860	msnm
Cota máxima del tanque	983	msnm

#### Datos de la conducción

Cota máxima embalse	960	msnm
Cota mínima embalse	910	msnm
Diámetro de la conducción	4,5	m
Área de la conducción (S)	15,90	m <sup>2</sup>
Longitud de la conducción	1290	m
Velocidad conducción ( $v_0$ )	4,72	m/s
Altura de la velocidad	1,13	m
Rugosidad absoluta (k)	0,1	mm
Re	2,00E+07	
$k/(3,7 \cdot ID)$	6,01E-06	
f (objetivo=0)	1,28873E-11	
f (solver)	0,009473633	
Pérdidas	3,08	m

#### Datos de caudal

Caudal inicial	75	m <sup>3</sup> /s
Caudal final	0	m <sup>3</sup> /s
Tiempo de cierre (lineal)	12	s

#### Proceso de cálculo. Tanque simple

Tiempo de cálculo	1200	s
Intervalo de cálculo	0,1	s

Tabla 5. Cálculo chimenea de equilibrio alternativa A

Con nivel de embalse en cota 960 msnm, la envolvente de oscilación se sitúa entre las cotas 987 y 933 para la alternativa A y entre 992 y 927 para la alternativa B. Con embalse en nivel mínimo, cota 910 msnm, estos extremos se sitúan en 937 y 883 para la alternativa A y entre 942 y 878 para la alternativa B. Situándose la generatriz superior de la conducción a 860, se garantiza la no presencia de vacío en maniobras.

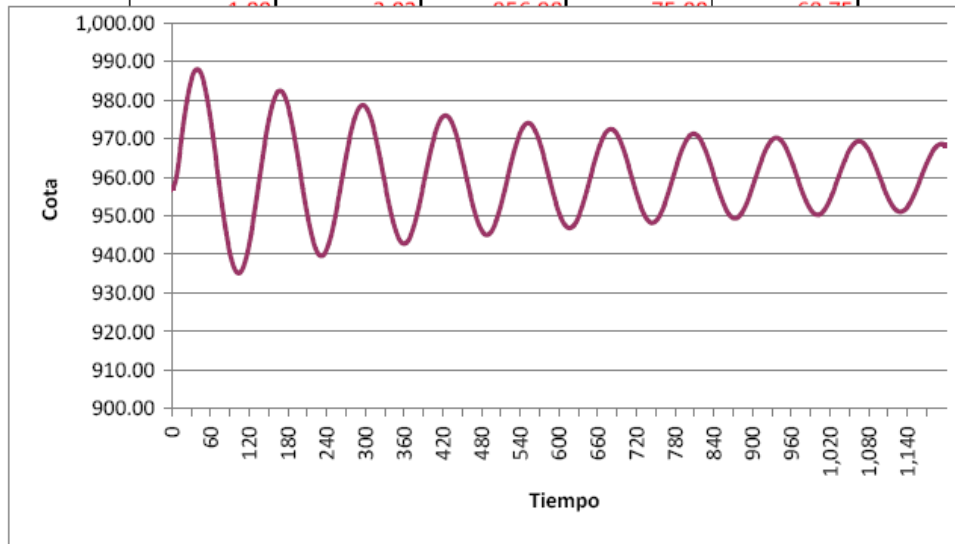
### Anejo 3. Cálculos hidráulicos

$$Z^* = \frac{\overline{LS}}{g\Omega} v_0 ; (\text{oscilación máxima sin estrangulamiento})^5$$

Alt. A	Z*	30,42	Alt. B	Z*	35,22
nivel máx	cota sup	987,34	nivel máx	cota sup	992,46
embalse	cota inf	932,66	embalse	cota inf	927,54
nivel min	cota sup	937,34	nivel min	cota sup	942,46
embalse	cota inf	882,66	embalse	cota inf	877,54

$$Z = Z^* \sin \frac{2\pi t}{T^*} \quad T^* = 2\pi \frac{\overline{L\Omega}}{gS}$$

Tiempo s	Z Tanque m	Cota tanque msnm	Caudal Entr m3/s	Caudal Sal m3/s
0.00	-3.08	956.92		
0.10	-3.08	956.92	75.00	74.38
0.20	-3.08	956.92	75.00	73.75
0.30	-3.08	956.92	75.00	73.13
0.40	-3.07	956.93	75.00	72.50
0.50	-3.07	956.93	75.00	71.88
0.60	-3.06	956.94	75.00	71.25
0.70	-3.05	956.95	75.00	70.63
0.80	-3.04	956.96	75.00	70.00
0.90	-3.03	956.97	75.00	69.38



2.70	-2.63	957.37	74.95	58.13
2.80	-2.59	957.41	74.95	57.50
2.90	-2.56	957.44	74.94	56.88
3.00	-2.52	957.48	74.93	56.25


Tabla 6. Variación del nivel del agua en función del tiempo (oscilaciones) dentro de una chimenea de equilibrio, posterior a una maniobra de cierre de válvulas (alternativa A)

<sup>5</sup> COUNTINCHO, Armando. (1998). *Manual de Ingeniería Hidráulica*. Universidad Pública de Navarra. Colección Ingeniería, 2. p. 398-404.

Se prevé la construcción de un estrangulamiento en la entrada de la chimenea con el objeto de conseguir una pérdida de carga equivalente a la máxima oscilación con relación al nivel final de equilibrio, de manera que se amortigüen al máximo las oscilaciones. Considerando el citado estrangulamiento la oscilación se reducirá en un 30%, obteniéndose por tanto una cota máxima de agua de 978 msnm para la alternativa A y de 982 msnm para la alternativa B. Se situará por tanto la coronación de la chimenea en la cota **983 msnm (A)** y 987 msnm (B).

Alt. A	Z estrang	21,51	Alt. B	Z estrang	24,90
nivel máx	cota sup	978,43	nivel máx	cota sup	982,14
embalse	cota inf	941,57	embalse	cota inf	937,86
nivel min	cota sup	928,43	nivel min	cota sup	932,14
embalse	cota inf	891,57	embalse	cota inf	887,86





# Anejo 4. Predimensionamiento de la Turbo-Bomba

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## *ÍNDICE*

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. TIPO DE TURBINA.....	2
3. PARÁMETROS DE CÁLCULO.....	3
4. DIMENSIONES BÁSICAS .....	6

## *ÍNDICE DE TABLAS*

Tabla 1. Parámetros de cálculo Alternativa A.....	4
Tabla 2. Parámetros de cálculo Alternativa B.....	5
Tabla 3. Dimensiones turbo-bomba A.....	8
Tabla 4. Dimensiones turbo-bomba B.....	9

## *ÍNDICE DE FIGURAS*

Figura 1. Campo de utilización de los distintos tipos de turbinas. Fuente: SULZER Hydro.....	3
Figura 2. Rodete de una turbo-bomba .....	9
Figura 3. Dimensiones cámara espiral .....	10
Figura 4. Dimensiones tubo de aspiración .....	10

## 1. INTRODUCCIÓN

Al realizar el estudio o anteproyecto de una central hidroeléctrica es necesario estimar el tamaño de los grupos turbogeneradores para completar el prediseño de la obra civil y evaluar su costo. Esta situación no se presenta al hacer el diseño constructivo, puesto que en esta etapa ya se ha seleccionado el equipo electromecánico principal y se conocen las dimensiones del mismo proporcionadas por los suministradores respectivos. Es consecuencia, es durante la etapa de anteproyecto cuando se precisa seleccionar el tipo de equipo más apropiado y estimar sus dimensiones para completar la definición de la casa de máquinas y obras auxiliares. Lógicamente, las dimensiones del equipo que finalmente se seleccione no coincidirán con las inicialmente estimadas pero, si el dimensionamiento inicial fue correcto, las diferencias serán pequeñas y no implicarán variaciones en el diseño de la obra civil de la planta.

## 2. TIPO DE TURBINA

Los tipos de turbina más importante en función del salto nominal son:

TIPO DE TURBINA	SALTO NOMINAL (M)
KAPLAN	< 50
FRANCIS	30 - 500
PELTON	>400

Las turbinas de tipo Francis han ido expandiendo su campo de utilización en detrimento de las Kaplan en el extremo inferior y de las Pelton en el superior, por lo que en la actualidad existen amplias zonas en las que resulta viable utilizar más de un tipo de turbina. Por otra parte, el campo de utilización posible depende también del tamaño del grupo, como se muestra en el gráfico de la figura 1 en el que se representan los límites actuales de utilización de los distintos tipos de turbinas existentes en el mercado. Según este gráfico, las turbinas Francis son técnicamente viables hasta saltos netos de 750 m siempre que su potencia sea mayor que 40 MW. En nuestro caso para ambas alternativas A y B se ha seleccionado la turbina Francis reversible de una etapa ya que es el tipo de turbina más flexible y adaptable y son los equipos de utilización más extendida.

Alternativa A	Alternativa B
2 grupos	3 grupos
Caudal por máquina: 37,5 m <sup>3</sup> /s	Caudal por máquina: 39,8 m <sup>3</sup> /s
Salto neto: 698,5 m	Salto neto: 698,5 m
Turbina: Francis reversible de una etapa	Turbina: Francis reversible de una etapa

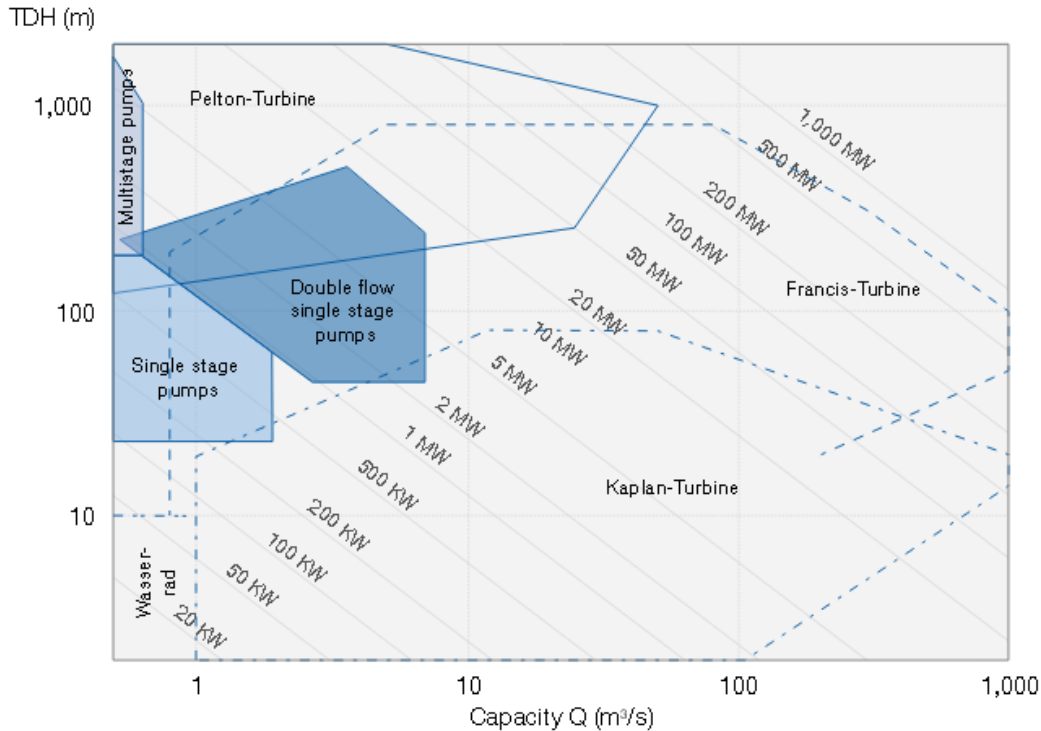


Figura 1. Campo de utilización de los distintos tipos de turbinas. Fuente: SULZER Hydro

### 3. PARÁMETROS DE CÁLCULO

A partir de los datos expuestos se ha realizado un predimensionado básico de los equipos de turbo-bomba que se instalarán. Para ello se ha utilizado el procedimiento de *Siervo y Lugaresí*<sup>1</sup>. A continuación se muestran los distintos parámetros de cálculo para ambas alternativas A y B. Recordar que A será la alternativa seleccionada, pero como ya se ha mencionado con anterioridad, se han realizado los cálculos de ambas alternativas durante todo el proyecto hasta el final, donde el presupuesto determinará la escogida.

<sup>1</sup> CUESTA, Luis; VALLARINO, Eugenio. (2000). *Aprovechamientos hidroeléctricos. Tomo II*. 1ª Ed. I.S.B.N.:84-380-0168-8. p. 501-511.

Anejo 4. Predimensionamiento de la Turbo-Bomba

Parámetros de diseño Turbobomba A				
Cota máx embalse superior	1608,5	msnm		
Cota mín embalse superior	1588,5	msnm		
Cota máx embalse inferior	960	msnm		
Cota mín embalse inferior	910	msnm		
Cota eje de máquinas	860	msnm		
Salto estático máx	698,5	m	Altura estática	663,5
Salto estático mín bomba	628,5	m	Variación salto en bombeo	10,02%
Salto estático mín turbina	628,5	m	Variación salto en turbina	10,02%
Sumergencia máxima	-100	m		
Sumergencia mínima	-50	m		
Caudal total	75	m <sup>3</sup> /s		
Nº máquinas	2			
Caudal por máquina	37,5	m <sup>3</sup> /s		
Pérdidas en tubería carga	8,54	m		
Pérdidas en tubería descarga	4,17	m		
Pérdidas total	12,71	m		
% sobre altura estática	1,92%			
Salto neto máx en turbina	685,79	m	-1,82%	
Salto neto mín en turbina	615,79	m		
Salto manométrico máx bomba (Hpmax)	711,21	m	1,82%	
Incremento máx Alt manom-Salto neto	95,42	m		
Incremento max alt-salto/Hp máx	13,42%			
Hpmax/Hpmin	1,15			
Hp nominal	663,5	m		
Hpmax/Hpnominal	1,07			
Rendimiento nominal turbina	0,92			
Potencia unitaria máx turbina	232102	kW		
Nº pares de polos	6			
Núm revoluciones sincronismo (N)	500	rpm		
Núm rev específica turbina (Ns)	72	rpm	Francis lenta	
Núm rev específica turbina (Nq)	23	rpm	Francis lenta	
Potencia alternador	250000	kVA		
cos $\varphi$ motor	0,95			
cos $\varphi$ generador	0,9			
Potencia nominal bomba	237500	kW		
Núm rev específica bomba (NSp)	72	rpm		

Tabla 1. Parámetros de cálculo Alternativa A



Anejo 4. Predimensionamiento de la Turbo-Bomba

Parámetros de diseño Turbobomba B				
Cota máx embalse superior	1608,5	msnm		
Cota mín embalse superior	1588,5	msnm		
Cota máx embalse inferior	960	msnm		
Cota mín embalse inferior	910	msnm		
Cota eje de máquinas	860	msnm		
Salto estático máx	698,5	m	Altura estática	663,5
Salto estático mín bomba	628,5	m	Variación salto en bombeo	10,02%
Salto estático mín turbina	628,5	m	Variación salto en turbina	10,02%
Sumergencia máxima	-100	m		
Sumergencia mínima	-50	m		
Caudal total	119,4	m <sup>3</sup> /s		
Nº máquinas	3			
Caudal por máquina	39,8	m <sup>3</sup> /s		
Pérdidas en tubería carga	9,02	m		
Pérdidas en tubería descarga	3,52	m		
Pérdidas total	12,54	m		
% sobre altura estática	1,89%			
Salto neto máx en turbina	685,96	m	-1,80%	
Salto neto mín en turbina	615,96	m		
Salto manométrico máx bomba (Hpmax)	711,04	m	1,80%	
Incremento máx Alt manom-Salto neto	95,08	m		
Incremento max alt-salto/Hp máx	13,37%			
Hpmax/Hpmin	1,15			
Hp nominal	663,5	m		
Hpmax/Hpnominal	1,07			
Rendimiento nominal turbina	0,92			
Potencia unitaria máx turbina	246399	kW		
Nº pares de polos	6			
Núm revoluciones sincronismo (N)	500	rpm		
Núm rev específica turbina (Ns)	72	rpm	Francis lenta	
Núm rev específica turbina (Nq)	24	rpm	Francis lenta	
Potencia alternador	275000	kVA		
cos $\phi$ motor	0,95			
cos $\phi$ generador	0,9			
Potencia nominal bomba	261250	kW		
Núm rev específica bomba (NSp)	76	rpm		

Tabla 2. Parámetros de cálculo Alternativa B

## 4. DIMENSIONES BÁSICAS

A partir de los siguientes datos calculados y las tablas correspondientes, se obtienen los parámetros necesarios para un primer diseño aproximado de las dimensiones de las distintas partes de la turbo-bomba (iguales parámetros para alternativa A y B ya que sólo depende del salto).

<b>Hpmax/Hpnom</b>	1,07
<b>Hmax/Hpmin</b>	1,15
<b>Presión atmosférica</b>	9,34 m
<b>Presión cavitación</b>	0,239 m

<b>Altitud [m]</b>	<b>Presión atmosférica [h<sub>a</sub>]</b>
0	10.351
500	9.751
1000	9.180
1500	8.637
2000	8.120
2500	7.628
3000	7.160
3500	6.716
4000	6.205

<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Presión de vapor [h<sub>v</sub>]</b>
5	0.089
10	0.125
15	0.174
20	0.239
25	0.324

<b>Dimensionado turbo-bomba</b>		
<b>Coef velocidad periférica (Ku)</b>	0,97	(tablas)
<b>Coef cavitación (σ)</b>	0,086	(tablas)
<b>Altura aspiración bomba (hs)</b>	-48	m

#### Anejo 4. Predimensionamiento de la Turbo-Bomba

Parámetro Ku HpM/Hp		Coef cavitación HpM/Hpm	
1	0,934	1,05	0,079
1,01	0,934	1,06	0,080
1,02	0,934	1,07	0,080
1,03	0,934	1,08	0,081
1,04	0,934	1,09	0,082
1,05	0,972	1,1	0,083
1,06	0,97	1,11	0,083
1,07	0,97	1,12	0,084
1,08	0,97	1,13	0,085
1,09	0,97	1,14	0,086
1,1	0,97	1,15	0,086
1,11	0,97	1,16	0,087
1,12	0,97	1,17	0,088
1,13	0,97	1,18	0,088
1,14	0,97	1,19	0,089
1,15	0,992	1,2	0,090
1,16	0,99	1,21	0,091
		1,22	0,091
		1,23	0,092
		1,24	0,093
		1,25	0,094
		1,26	0,094
		1,27	0,095
		1,28	0,096
		1,29	0,096
		1,3	0,097

A partir de la siguiente formulación se obtienen las diferentes dimensiones para las turbo-bombas:

$$D_1 = K_u \cdot \frac{60 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}}{\pi \cdot N}$$

$$D_6 = \left( 0,284 + \frac{N_{sp}}{425} \right) \cdot D_1$$

$$N_{sp} \leq 190 \Rightarrow D_2 = D_1; \quad N_{sp} > 190 \Rightarrow D_2 = \frac{D_1}{1,198 - \frac{N_{sp}}{962}}$$

$$H_1 = \left( -0,0438 + \frac{N_{sp}}{826} \right) \cdot D_1$$

$$H_2 + H_3 = \left( 0,155 + \frac{N_{sp}}{840} \right) \cdot D_1$$

### CÁMARA ESPIRAL

$$\begin{aligned} A &= (0,19 + 0,0031 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ B &= (0,84 + 0,0016 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ C &= (0,88 + 0,0020 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ D &= (0,91 + 0,0026 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ E &= (0,86 + 0,0012 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ F &= (1,58 + N_{SP}/13.890) \cdot D_1 \\ G &= (1,23 + N_{SP}/1.667) \cdot D_1 \\ H &= (1,084 + N_{SP}/1.640) \cdot D_1 \\ I &= (-0,041 + 0,0012 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ L &= (0,21 + 0,0022 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ M &= (0,12 + 0,0013 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= (0,57 + N_{SP}/385) \cdot D_1 \\ R &= (0,54 + N_{SP}/526) \cdot D_1 \\ R &= (0,64 + N_{SP}/278) \cdot D_1 \\ S &= (2,32 + 0,0059 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ T &= (0,55 + 833 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ Z &= (-0,083 + 0,012 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \end{aligned}$$

### TUBO DE ASPIRACIÓN

$$\begin{aligned} N + H_T &= (1,42 + 0,0035 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ N + H_T &= (1,84 + 0,0039 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ O &= (0,57 + N_{SP}/3.030) \cdot D_1 \\ P &= (0,42 + 0,0026 \cdot N_{SP}) \cdot D_1 \\ Q &= (0,37 + N_{SP}/1.064) \cdot D_1 \end{aligned}$$

#### Turbo-bomba Alternativa A

Dimensiones del rodete			
<b>D1</b>	4,227	m	
<b>D6</b>	1,917	m	
<b>D2</b>	4,227	m	
<b>H1</b>	0,183	m	
<b>H2+H3</b>	1,018	m	
Dimensiones cámara espiral		Dimensiones tubo de aspiración	
<b>A</b>	1,747 m	<b>N+Ht</b>	7,068 m
<b>B</b>	4,038 m	<b>N+Ht</b>	8,965 m
		<b>(tubulares)</b>	
<b>C</b>	4,329 m	<b>O</b>	2,510 m
<b>D</b>	4,638 m	<b>P</b>	2,567 m
<b>E</b>	4,001 m	<b>Q</b>	1,850 m
<b>F</b>	6,701 m	<b>Q (tubulares)</b>	3,200 m
<b>G</b>	5,382 m	<b>R</b>	2,861 m
<b>H</b>	4,768 m	<b>R (tubulares)</b>	3,800 m
<b>I</b>	0,192 m	<b>S</b>	11,603 m
<b>L</b>	1,557 m	<b>T</b>	2,690 m
<b>M</b>	0,903 m	<b>Z</b>	3,302 m

Tabla 3. Dimensiones turbo-bomba A

Turbo-bomba Alternativa B

Dimensiones del rodete					
D1	4,227	m			
D6	1,957	m			
D2	4,227	m			
H1	0,204	m			
H2+H3	1,038	m			
Dimensiones cámara espiral		Dimensiones tubo de aspiración			
A	1,799	m	N+Ht	77,127	m
B	4,065	m	N+Ht	9,031	m
			(tubulares)		
C	4,363	m	O	2,516	m
D	4,682	m	P	2,611	m
E	4,021	m	Q	1,866	m
F	6,702	m	Q (tubulares)	3,244	m
G	5,392	m	R	2,894	m
H	4,778	m	R (tubulares)	3,861	m
I	0,212	m	S	11,703	m
L	1,595	m	T	2,711	m
M	0,925	m	Z	3,505	m

Tabla 4. Dimensiones turbo-bomba B

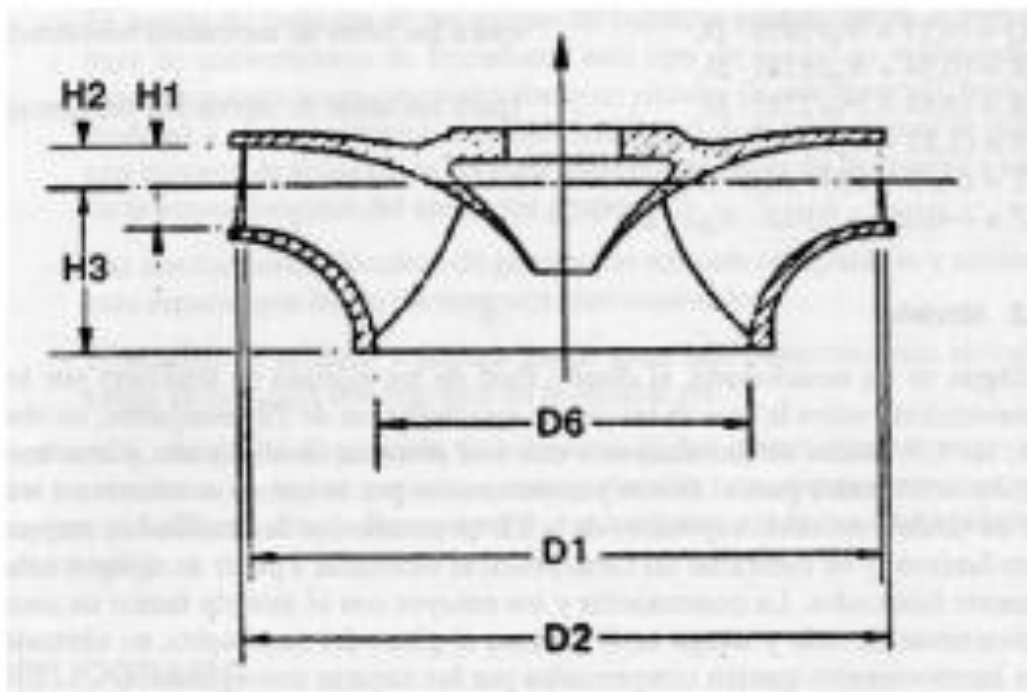


Figura 2. Rodete de una turbo-bomba



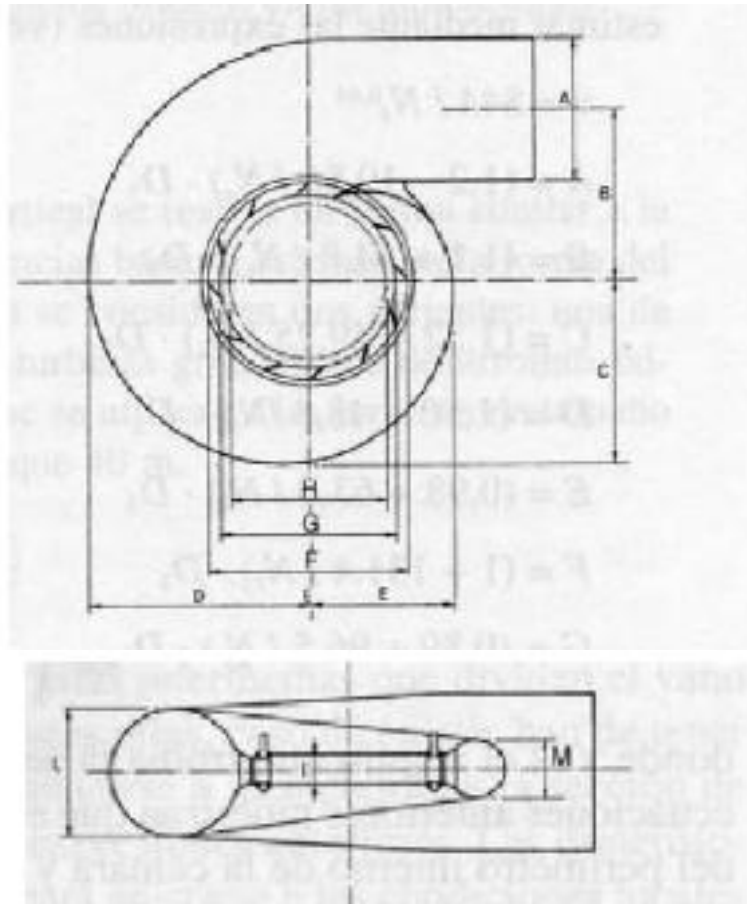


Figura 3. Dimensiones cámara espiral

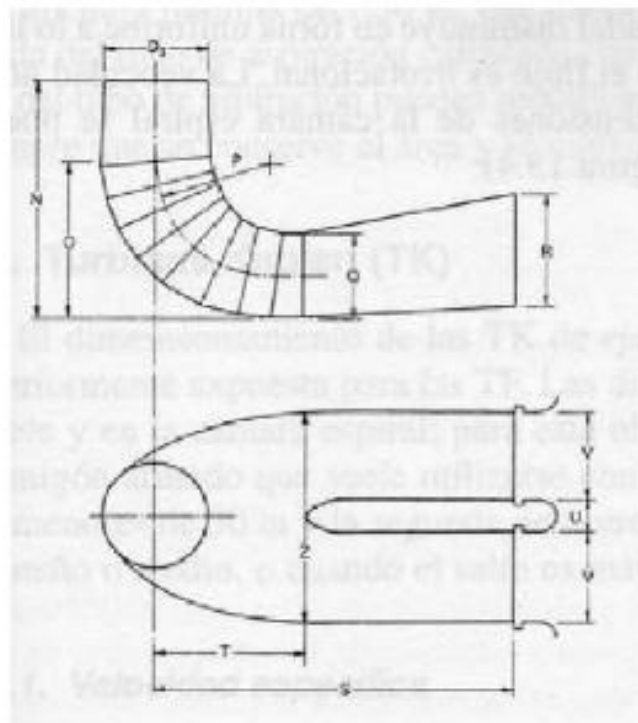



Figura 4. Dimensiones tubo de aspiración



# Anejo 5. Estudio de Túneles

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. ALTERNATIVAS PARA LA GALERÍA DE ALTA PRESIÓN .....	2
2.1. Cálculo de sobrepresiones por golpe de ariete .....	4
2.2. Alternativa 1. Galería alta presión excavada en mina .....	5
2.3. Alternativa 2. Galería alta presión con tuneladora.....	12
2.4. Alternativa 3. Tubería exterior.....	15
2.5. Solución adoptada.....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de alternativas de la tubería .....	3
Figura 2. Gráfica de presiones en la tubería para acero S235 Alternativa 1 .....	7
Figura 3. Gráfica de presiones en la tubería para acero S275 Alternativa 1 .....	9
Figura 4. Gráfica de presiones en la tubería para acero S355 Alternativa 1 .....	11
Figura 5. Gráfica de presiones en la tubería para acero S355 Alternativa 2.....	14
Figura 6. Gráfica de presiones en la tubería para acero S355 Alternativa 3.....	17
Figura 7. Gráfica de presiones en la tubería para acero S355 Alternativa 3 + Calderín de expansión .....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Espesores de acero S235 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 1 .....	6
Tabla 2. Espesores de acero S275 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 1 .....	8
Tabla 3. Espesores de acero S355 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 1 .....	10
Tabla 4. Espesores de acero S355 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 2 .....	13
Tabla 5. Espesores de acero S355 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 3 .....	16

## 1. INTRODUCCIÓN

Una vez determinada la posición de los diferentes elementos que integran la central se pretende determinar cuál es el perfil más conveniente para el circuito hidráulico, el cual está integrado por dos elementos principales: la galería de alta presión, que une la balsa con la caverna, y la galería de baja presión que une la caverna con el embalse.

Dada la posición relativa de la caverna respecto al embalse, determinada por la sumergencia de la turbo-bomba, la galería de baja presión no presenta alternativas posibles, a excepción de si su construcción se efectúa con tuneladora o en mina.

Por contra, sí se presentan diversas alternativas al perfil del circuito hidráulico de la galería de alta presión, las cuales se pretenden analizar con el objeto de determinar la solución óptima.

Tan solo se presentarán los resultados de los cálculos realizados para la Alternativa A de embalse superior, por resultar al final del proyecto la más rentable (consultar Anejo de Estudio de Rentabilidad), y facilitar así la lectura del presente anejo, ya que el procedimiento de cálculo es el mismo para ambas alternativas de embalse. De todos modos en el Anejo de Estudio de Alternativas sí que se muestran los costes obtenidos en cada alternativa A y B para cada alternativa 1, 2 y 3.

## 2. ALTERNATIVAS PARA LA GALERÍA DE ALTA PRESIÓN

Las alternativas que se analizan son tres.

- **Alternativa 1:** Galería construida en mina. La pendiente máxima para este tipo de construcción se sitúa sobre el 22%, por lo que deberá realizarse un pozo de 400 m de longitud desde la balsa hasta alcanzar el tramo inclinado, el cual conectará con pendiente constante con la caverna. La longitud del circuito hidráulico en alta presión de esta alternativa es de 2.102 m

- **Alternativa 2:** Galería construida con tuneladora, Se pueden adoptar pendientes muy pronunciadas, por lo que se buscará el trazado más corto. La longitud del circuito hidráulico en alta presión de esta alternativa es de 1.832 m

- **Alternativa 3:** Tubería exterior. Esta solución partirá de la balsa y circulará por la ladera hasta casi la vertical de la caverna, desde donde deberá realizarse un pozo

vertical de conexión con esta de unos 125 m de longitud. La longitud total del circuito hidráulico de alta presión de esta alternativa es de 1.885 m.

En el esquema siguiente se grafían las tres posibles soluciones.

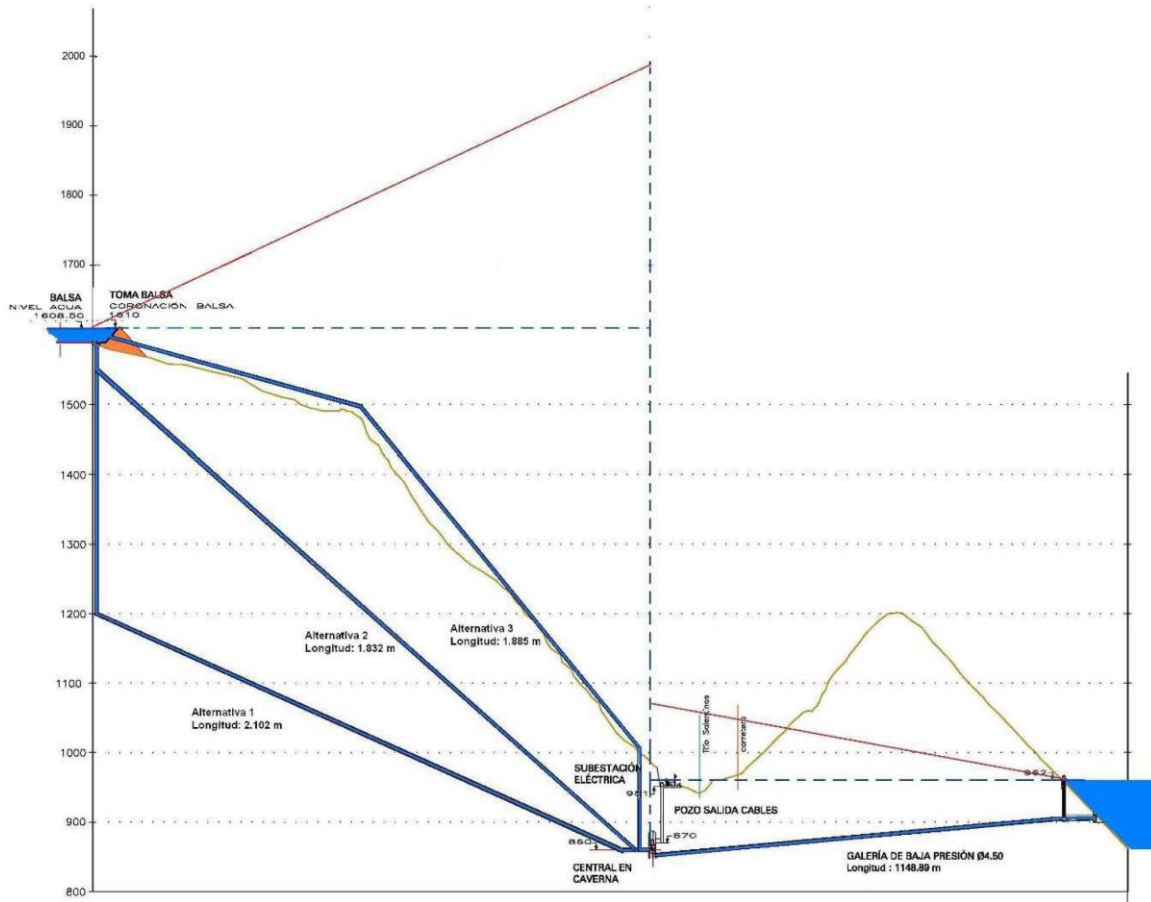


Figura 1. Esquema de alternativas de la tubería

De las tres alternativas, la segunda es la que a priori parecería la más conveniente, dado que es la que presenta menor longitud y, en comparación con la solución 3, la colaboración de la roca implicará un importante ahorro en acero, el cual probablemente compense el sobre coste derivado de la excavación del propio túnel. No obstante se analiza la alternativa 1, en mina, dado que la corta longitud del túnel quizás no compense el empleo de una tuneladora, lo cual justificaría esta solución. A continuación analizaremos las diferentes alternativas.



## 2.1. Cálculo de sobrepresiones por golpe de ariete

Como paso previo al análisis de cada alternativa, se determinará primero la sobrepresión de cálculo de cada una de ellas.

Las sobrepresiones máximas en los circuitos hidráulicos de las tres alternativas son las que se calculan a continuación.

### Cálculo de la envolvente de sobrepresiones por golpe de ariete

Caudal	75	m <sup>3</sup> /s
Diámetro	4,5	m
Velocidad	4,72	m/s

Tiempo maniobra	12	s
-----------------	----	---

Módulo de compresibilidad del agua (ε)	2,16E+09	N/m <sup>2</sup>
Peso específico del agua (ρ)	1000	kg/m <sup>3</sup>

#### Galería

Módulo elasticidad roca ( E )	2,10E+10	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de poisson (ν)	0,21	
Celeridad de onda pared gruesa ( c )	1315,11	m/s

#### Exterior

Módulo elasticidad acero ( E )	2,10E+11	N/m <sup>2</sup>
Espesor ( e )	0,15	m
Celeridad de onda pared delgada ( c )	1284,78	m/s

Presión estática	750	m
------------------	-----	---

$$c = \frac{\sqrt{\frac{\epsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\epsilon}{E} 2(1 + \nu)}}$$

$$c = \frac{\sqrt{\frac{\epsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\epsilon D}{E e}}}$$

	Longitud	Celeridad Onda	Tiempo de fase		Sobrepresión Máxima	(Michaud) (%Presión Est)
	(m)	(m/s)	(s)		(m)	
Alternativa 1: Pozo + galería	2102,4	1315,11	3,20	Lento	168,44	22,46%
Alternativa 2: Galería Int (tuneladora)	1832,2	1315,11	2,79	Lento	146,79	19,57%
Alternativa 3: Exterior	1884,94	1284,78	2,93	Lento	151,02	20,14%

Siendo tan similares se adopta un 25% de sobrepresión como valor común para todas las soluciones. Y para el caso de golpe de ariete en baja presión las sobrepresiones serán de un 15%.

## **2.2. Alternativa 1. Galería alta presión excavada en mina**

Para el análisis de esta solución se consideran las siguientes hipótesis de cálculo.

- Con el objeto de considerar la contribución de la roca a la resistencia de la presión interior del túnel, se empleará como límite de comparación del acero el límite de rotura del mismo minorada un 15%.
- Se consideran los siguientes costes de acero: S235: 6 €/kg; S275: 6,2 €/kg y S355: 6,5 €/kg.
- Se calcula el espesor necesario como si la tubería fuera exterior pero haciéndola trabajar hasta el límite de comparación anteriormente indicado. La expresión a emplear será la siguiente:

$$e = \frac{pD}{2\sigma}$$

- Se considera un espesor mínimo de blindaje de 2 cm.
- Se considera una sobrepresión del 25%,

En estas condiciones, y para los distintos tipos de acero considerados, los espesores necesarios y los costes derivados serán los que se muestran en la tabla adjunta.

# Anejo 5. Estudio de Túneles

Determinación de espesores de blindaje en función de la presión interior con colaboración de la roca										
Límite Elástico	235	N/mm2	(S235)	γ	1,15			Long. G.A.P.	2102,43	m
Límite Rotura	400	N/mm2	(S235)	D útil	450	cm		Long. G.B.P.	1288,79	m
Límite Comp.	3478,26	kg/cm2		e min	2	cm		Sobrepresión	25	%
Coste S235	6	€/kg								
PK	Longitud (m)	P Agua (msnm)	Z tubo (msnm)	Z terreno (msnm)	P agua (kg/cm2)	e calc. (cm)	e min. (cm)	σ calc. (N/mm2)	Peso (Tn)	Coste (M€)
0		1608,5	1600	1600	0,85	0,05498438	2,00	9,56		
0	40	1608,5	1560	1600	4,85	0,31373438	2,00	54,56	89,18	0,54
100	100	1620,15	1559,2	1583,33	6,095	0,39427031	2,00	68,57	222,94	1,34
189	89	1630,51	1559,5	1583,33	7,101	0,45934594	2,00	79,89	198,42	1,19
189	412,76	1630,51	1146,74	1583,33	48,377	3,12938719	3,13	347,83	1443,44	8,66
200	11	1631,8	1146,74	1572,01	48,506	3,13773188	3,14	347,83	38,57	0,23
300	102,67	1643,44	1123,49	1572,01	51,995	3,36342656	3,36	347,83	386,09	2,32
400	102,72	1655,09	1100	1540,86	55,509	3,59073844	3,59	347,83	412,59	2,48
500	102,62	1666,74	1076,98	1517,83	58,976	3,81501	3,82	347,83	438,15	2,63
600	102,67	1678,39	1053,73	1499,74	62,466	4,04076938	4,04	347,83	464,54	2,79
700	102,67	1690,04	1030,48	1490,71	65,956	4,26652875	4,27	347,83	490,74	2,94
800	102,67	1701,68	1007,23	1449,65	69,445	4,49222344	4,49	347,83	516,95	3,10
900	102,67	1713,33	983,97	1386,66	72,936	4,7180475	4,72	347,83	543,21	3,26
1000	102,67	1724,98	960,72	1315,25	76,426	4,94380688	4,94	347,83	569,49	3,42
1100	102,67	1736,63	937,47	1267,12	79,916	5,16956625	5,17	347,83	595,79	3,57
1200	102,67	1748,27	914,22	1231,06	83,405	5,39526094	5,40	347,83	622,11	3,73
1300	102,67	1759,92	890,96	1170,44	86,896	5,621085	5,62	347,83	648,47	3,89
1400	102,8	1771,57	867,14	1101,46	90,443	5,85053156	5,85	347,83	676,13	4,06
1500	100,25	1783,22	860	1035,25	92,322	5,97207938	5,97	347,83	673,24	4,04
1600	100	1794,87	860	990,32	93,487	6,04744031	6,05	347,83	680,14	4,08
1617,25	17,25	1796,88	860	980	93,688	6,0604425	6,06	347,83	117,58	0,71
1617,26	5	1062	855	980	20,7	1,33903125	2,00	232,88	11,15	0,07
1700	82,78	1055,42	857,61	950,89	19,781	1,27958344	2,00	222,54	184,55	1,11
1800	100,07	1047,47	861,29	960,41	18,618	1,20435188	2,00	209,45	223,10	1,34
1900	100,12	1039,52	866,1	985,05	17,342	1,12181063	2,00	195,10	223,21	1,34
2000	100,09	1031,56	870,37	1033,93	16,119	1,04269781	2,00	181,34	223,14	1,34
2100	100,09	1023,61	874,62	1081,18	14,899	0,96377906	2,00	167,61	223,14	1,34
2200	100,09	1015,66	878,87	1152,27	13,679	0,88486031	2,00	153,89	223,14	1,34
2300	100,09	1007,71	883,13	1200,33	12,458	0,80587688	2,00	140,15	223,14	1,34
2400	100,09	999,76	887,38	1173,01	11,238	0,72695813	2,00	126,43	223,14	1,34
2500	100,09	991,81	891,69	1113,97	10,012	0,64765125	2,00	112,64	223,14	1,34
2600	100,09	983,85	895,89	1060,86	8,796	0,56899125	2,00	98,96	223,14	1,34
2700	100,19	975,9	902	1007,9	7,39	0,47804063	2,00	83,14	223,36	1,34
2800	100	967,9504	902,25	970	6,57004	0,42499946	2,00	73,91	222,94	1,34
2900	100	960	902,25	969,99	5,775	0,37357031	2,00	64,97	222,94	1,34
	3391,22								12700,98	76,21
		Longitud	Peso	Coste						
Galería de Alta Presión		2102,43 m	9827,76 tn	58,97 M€						
Galería de Baja Presión		1288,79 m	2873,23 tn	17,24 M€						
Total		3391,22 m	12700,98 tn	76,21 M€						

Tabla 1. Espesores de acero S235 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 1

Gráficamente, la distribución de espesores queda como sigue.

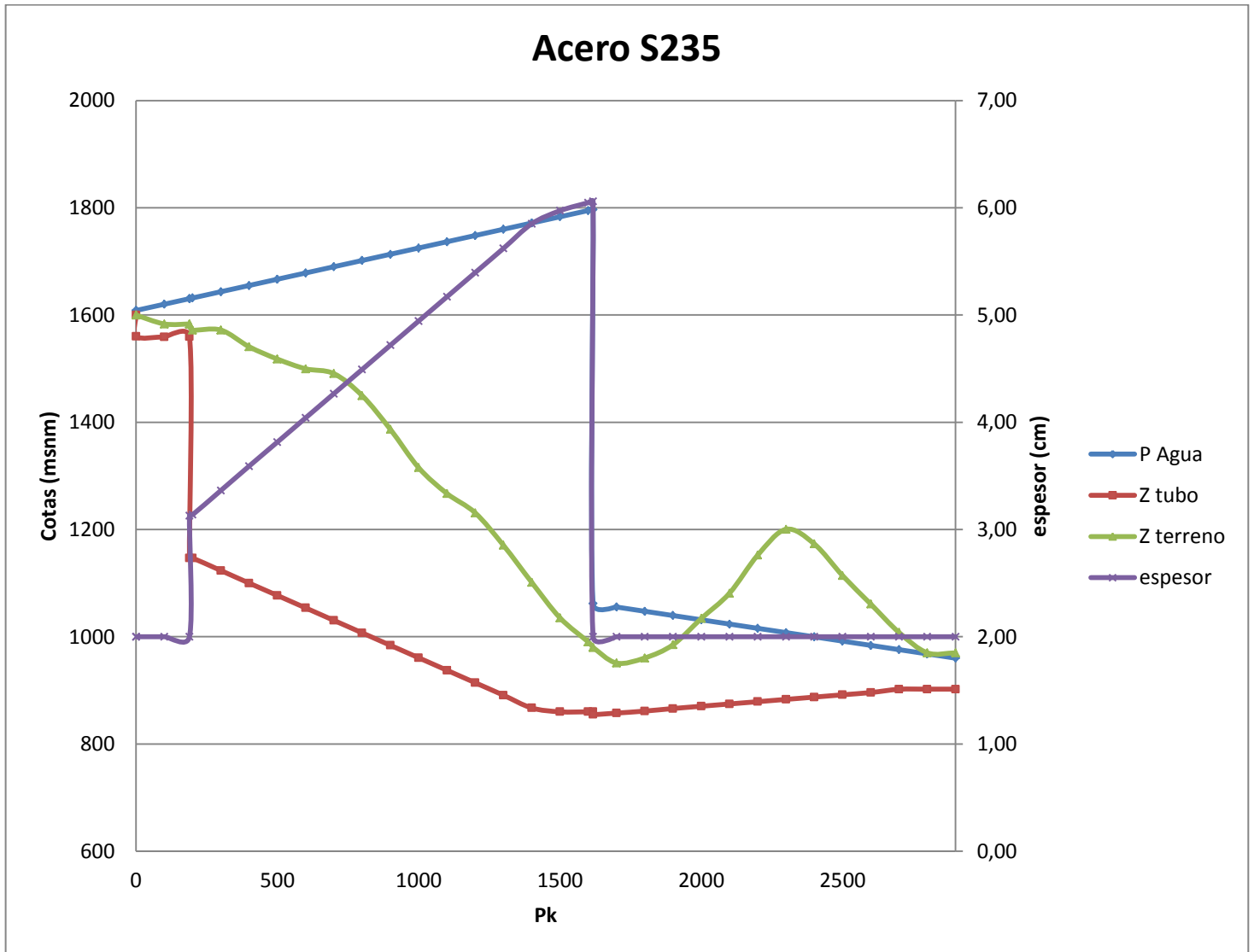


Figura 2. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S235 Alternativa 1

## Anejo 5. Estudio de Túneles

Repitiendo los cálculos para las otras dos calidades de acero, obtenemos los resultados que se muestran a continuación:

Determinación de espesores de blindaje en función de la presión interior con colaboración de la roca										
Límite Elástico		275 N/mm <sup>2</sup>	(S235)	γ	1,15			Long. G.A.P.	2102,43 m	
Límite Rotura		450 N/mm <sup>2</sup>	(S235)	D útil	450 cm			Long. G.B.P.	1288,79 m	
Límite Comp.		3913,04 kg/cm <sup>2</sup>		e min	2 cm			Sobrepresión	25 %	
Coste S275	6,2 €/kg									
PK	Longitud (m)	P Agua (msnm)	Z tubo (msnm)	Z terreno (msnm)	P agua (kg/cm <sup>2</sup> )	e calc. (cm)	e min. (cm)	σ calc. (N/mm <sup>2</sup> )	Peso (Tn)	Coste (M€)
0		1608,5	1600	1600	0,85	0,048875	2,00	9,56		
0	40	1608,5	1560	1600	4,85	0,278875	2,00	54,56	89,18	0,55
100	100	1620,15	1559,2	1583,33	6,095	0,3504625	2,00	68,57	222,94	1,38
189	89	1630,51	1559,5	1583,33	7,101	0,4083075	2,00	79,89	198,42	1,23
189	412,76	1630,51	1146,74	1583,33	48,377	2,7816775	2,78	391,30	1282,07	7,95
200	11	1631,8	1146,74	1572,01	48,506	2,789095	2,79	391,30	34,26	0,21
300	102,67	1643,44	1123,49	1572,01	51,995	2,9897125	2,99	391,30	342,91	2,13
400	102,72	1655,09	1100	1540,86	55,509	3,1917675	3,19	391,30	366,43	2,27
500	102,62	1666,74	1076,98	1517,83	58,976	3,39112	3,39	391,30	389,11	2,41
600	102,67	1678,39	1053,73	1499,74	62,466	3,591795	3,59	391,30	412,52	2,56
700	102,67	1690,04	1030,48	1490,71	65,956	3,79247	3,79	391,30	435,76	2,70
800	102,67	1701,68	1007,23	1449,65	69,445	3,9930875	3,99	391,30	459,01	2,85
900	102,67	1713,33	983,97	1386,66	72,936	4,19382	4,19	391,30	482,30	2,99
1000	102,67	1724,98	960,72	1315,25	76,426	4,394495	4,39	391,30	505,60	3,13
1100	102,67	1736,63	937,47	1267,12	79,916	4,59517	4,60	391,30	528,92	3,28
1200	102,67	1748,27	914,22	1231,06	83,405	4,7957875	4,80	391,30	552,25	3,42
1300	102,67	1759,92	890,96	1170,44	86,896	4,99652	5,00	391,30	575,62	3,57
1400	102,8	1771,57	867,14	1101,46	90,443	5,2004725	5,20	391,30	600,15	3,72
1500	100,25	1783,22	860	1035,25	92,322	5,308515	5,31	391,30	597,56	3,70
1600	100	1794,87	860	990,32	93,487	5,3755025	5,38	391,30	603,68	3,74
1617,25	17,25	1796,88	860	980	93,688	5,38706	5,39	391,30	104,36	0,65
1617,26	5	1062	855	980	20,7	1,19025	2,00	232,88	11,15	0,07
1700	82,78	1055,42	857,61	950,89	19,781	1,1374075	2,00	222,54	184,55	1,14
1800	100,07	1047,47	861,29	960,41	18,618	1,070535	2,00	209,45	223,10	1,38
1900	100,12	1039,52	866,1	985,05	17,342	0,997165	2,00	195,10	223,21	1,38
2000	100,09	1031,56	870,37	1033,93	16,119	0,9268425	2,00	181,34	223,14	1,38
2100	100,09	1023,61	874,62	1081,18	14,899	0,8566925	2,00	167,61	223,14	1,38
2200	100,09	1015,66	878,87	1152,27	13,679	0,7865425	2,00	153,89	223,14	1,38
2300	100,09	1007,71	883,13	1200,33	12,458	0,716335	2,00	140,15	223,14	1,38
2400	100,09	999,76	887,38	1173,01	11,238	0,646185	2,00	126,43	223,14	1,38
2500	100,09	991,81	891,69	1113,97	10,012	0,57569	2,00	112,64	223,14	1,38
2600	100,09	983,85	895,89	1060,86	8,796	0,50577	2,00	98,96	223,14	1,38
2700	100,19	975,9	902	1007,9	7,39	0,424925	2,00	83,14	223,36	1,38
2800	100	967,9504	902,25	970	6,57004	0,3777773	2,00	73,91	222,94	1,38
2900	100	960	902,25	969,99	5,775	0,3320625	2,00	64,97	222,94	1,38
	3391,22								11656,26	72,27
		Longitud	Peso	Coste						
Galería de Alta Presión		2102,43 m	8783,03 tn	54,45 M€						
Galería de Baja Presión		1288,79 m	2873,23 tn	17,81 M€						
Total		3391,22 m	11656,26 tn	72,27 M€						

*Tabla 2. Espesores de acero S275 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 1*



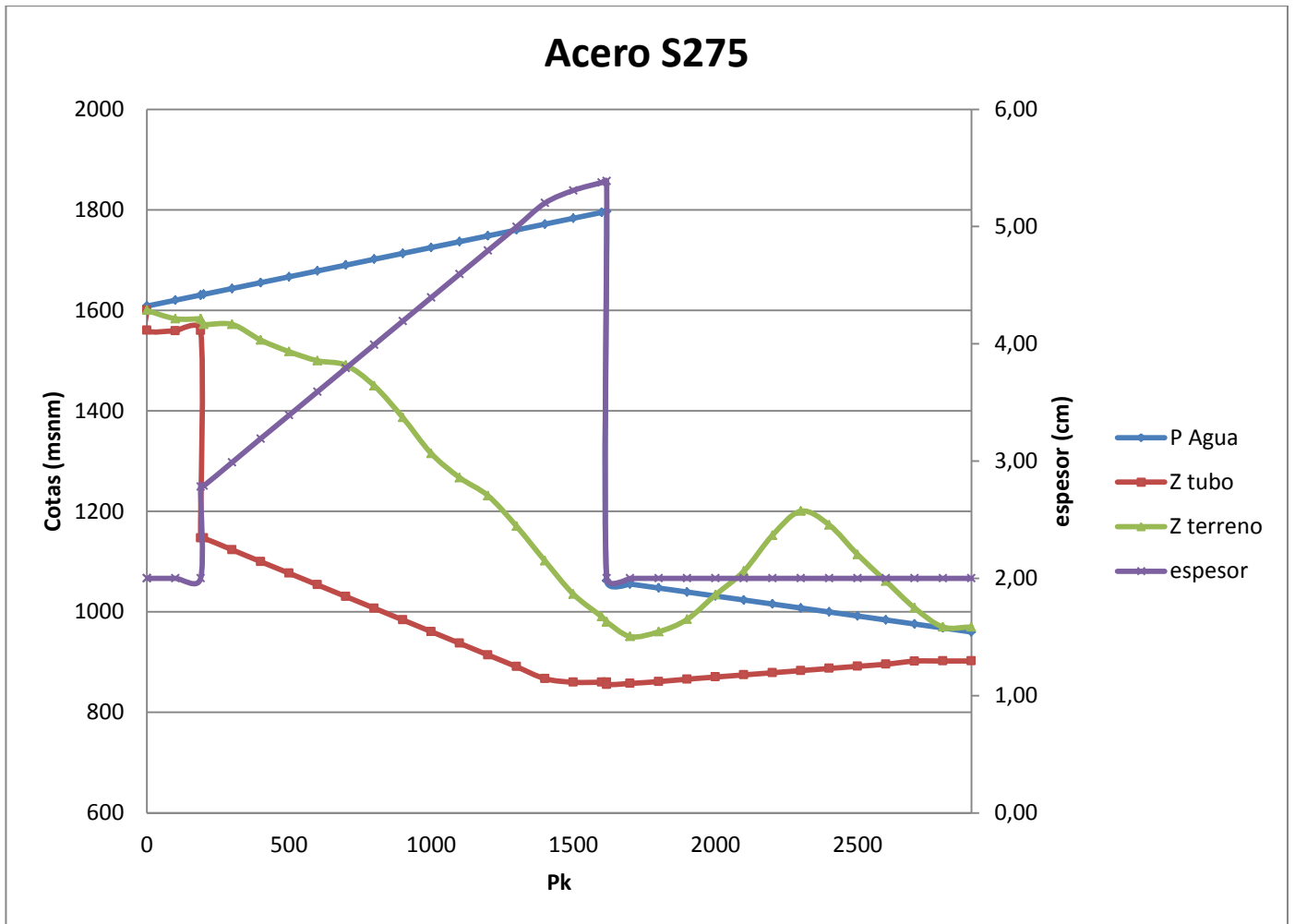


Figura 3. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S275 Alternativa 1

## Anejo 5. Estudio de Túneles

Determinación de espesores de blindaje en función de la presión interior con colaboración de la roca										
Límite Elástico		355 N/mm2	(S235)	γ	1,15	Long. G.A.P.	2102,43	m		
Límiite Rotura		550 N/mm2	(S235)	D útil	450	Long. G.B.P.	1288,79	m		
Límite Comp.		4782,61 kg/cm2		e min	2	Sobrepresión	25	%		
Coste S355	6,5 €/kg									
PK	Longitud (m)	P Agua (msnm)	Z tubo (msnm)	Z terreno (msnm)	P agua (kg/cm2)	e calc. (cm)	e min. (cm)	σ calc. (N/mm2)	Peso (Tn)	Coste (M€)
0		1608,5	1600	1600	0,85	0,03998864	2,00	9,56		
0	40	1608,5	1560	1600	4,85	0,22817045	2,00	54,56	89,18	0,58
100	100	1620,15	1559,2	1583,33	6,095	0,28674205	2,00	68,57	222,94	1,45
189	89	1630,51	1559,5	1583,33	7,101	0,33406977	2,00	79,89	198,42	1,29
189	412,76	1630,51	1146,74	1583,33	48,377	2,27591795	2,28	478,26	1047,80	6,81
200	11	1631,8	1146,74	1572,01	48,506	2,28198682	2,28	478,26	28,00	0,18
300	102,67	1643,44	1123,49	1572,01	51,995	2,44612841	2,45	478,26	280,23	1,82
400	102,72	1655,09	1100	1540,86	55,509	2,61144614	2,61	478,26	299,42	1,95
500	102,62	1666,74	1076,98	1517,83	58,976	2,77455273	2,77	478,26	317,93	2,07
600	102,67	1678,39	1053,73	1499,74	62,466	2,93874136	2,94	478,26	337,03	2,19
700	102,67	1690,04	1030,48	1490,71	65,956	3,10293	3,10	478,26	355,99	2,31
800	102,67	1701,68	1007,23	1449,65	69,445	3,26707159	3,27	478,26	374,95	2,44
900	102,67	1713,33	983,97	1386,66	72,936	3,43130727	3,43	478,26	393,94	2,56
1000	102,67	1724,98	960,72	1315,25	76,426	3,59549591	3,60	478,26	412,94	2,68
1100	102,67	1736,63	937,47	1267,12	79,916	3,75968455	3,76	478,26	431,96	2,81
1200	102,67	1748,27	914,22	1231,06	83,405	3,92382614	3,92	478,26	450,98	2,93
1300	102,67	1759,92	890,96	1170,44	86,896	4,08806182	4,09	478,26	470,02	3,06
1400	102,8	1771,57	867,14	1101,46	90,443	4,25493205	4,25	478,26	490,01	3,19
1500	100,25	1783,22	860	1035,25	92,322	4,34333045	4,34	478,26	487,88	3,17
1600	100	1794,87	860	990,32	93,487	4,39813841	4,40	478,26	492,86	3,20
1617,25	17,25	1796,88	860	980	93,688	4,40759455	4,41	478,26	85,20	0,55
1617,26	5	1062	855	980	20,7	0,97384091	2,00	232,88	11,15	0,07
1700	82,78	1055,42	857,61	950,89	19,781	0,93060614	2,00	222,54	184,55	1,20
1800	100,07	1047,47	861,29	960,41	18,618	0,87589227	2,00	209,45	223,10	1,45
1900	100,12	1039,52	866,1	985,05	17,342	0,81586227	2,00	195,10	223,21	1,45
2000	100,09	1031,56	870,37	1033,93	16,119	0,75832568	2,00	181,34	223,14	1,45
2100	100,09	1023,61	874,62	1081,18	14,899	0,70093023	2,00	167,61	223,14	1,45
2200	100,09	1015,66	878,87	1152,27	13,679	0,64353477	2,00	153,89	223,14	1,45
2300	100,09	1007,71	883,13	1200,33	12,458	0,58609227	2,00	140,15	223,14	1,45
2400	100,09	999,76	887,38	1173,01	11,238	0,52869682	2,00	126,43	223,14	1,45
2500	100,09	991,81	891,69	1113,97	10,012	0,47101909	2,00	112,64	223,14	1,45
2600	100,09	983,85	895,89	1060,86	8,796	0,41381182	2,00	98,96	223,14	1,45
2700	100,19	975,9	902	1007,9	7,39	0,34766591	2,00	83,14	223,36	1,45
2800	100	967,9504	902,25	970	6,57004	0,30909052	2,00	73,91	222,94	1,45
2900	100	960	902,25	969,99	5,775	0,2716875	2,00	64,97	222,94	1,45
	3391,22								10140,89	65,92
		Longitud	Peso	Coste						
Galería de Alta Presión		2102,43 m	7267,66 tn	47,24 M€						
Galería de Baja Presión		1288,79 m	2873,23 tn	18,68 M€						
Total		3391,22 m	10140,89 tn	65,92 M€						

Tabla 3. Espesores de acero S355 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 1

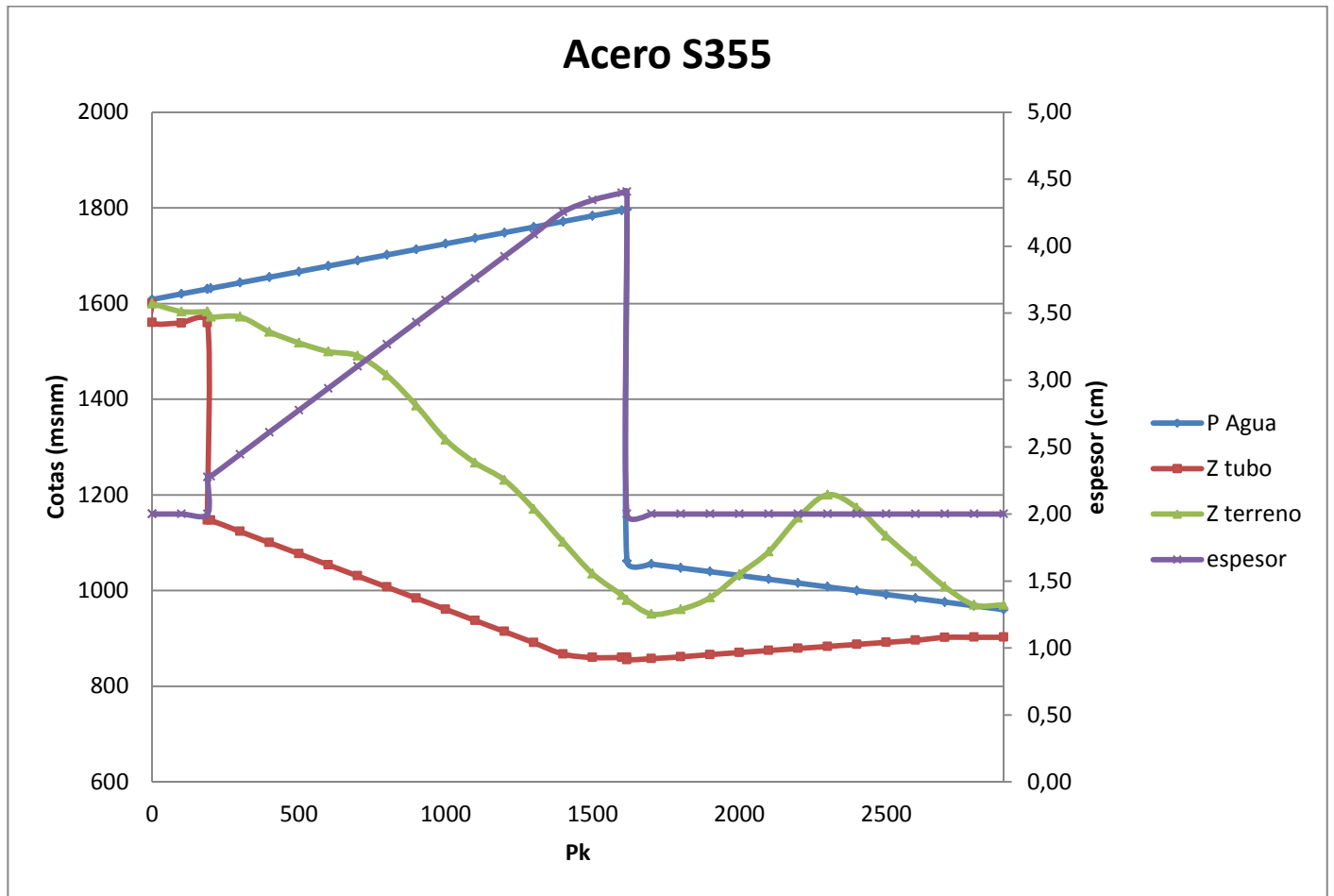


Figura 4. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S355 Alternativa 1

En vista de los resultados obtenidos se plantea el blindaje con **acero S335**. En el proyecto constructivo debería analizarse la combinación de diferentes calidades de acero en función del tramo, así como el empleo de aceros de alta resistencia en determinadas zonas.

A los costes del blindaje se deberán añadir los derivados de la propia excavación, para los que se consideran como precios básicos: 152 €/m³ de excavación en mina incluyendo sostenimientos y 337 €/m³ de revestimiento de galería.

Con estos datos se obtienen los siguientes valores:

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	47,24	18,68	65,92 M€
Excavación	8,01	4,91	12,92 M€
Revestimiento	5,99	3,67	9,66 M€
<b>TOTAL</b>	<b>61,24</b>	<b>27,26</b>	<b>88,50 M€</b>

### 2.3. Alternativa 2. Galería alta presión con tuneladora.

En esta hipótesis se reduce la longitud total de circuito hidráulico. Los criterios empleados para determinar los espesores del blindaje son idénticos al caso anterior.

Del mismo modo al igual que en el caso anterior los costes menores se producen con acero S335. A continuación se incluye la tabla de resultados.

## Anejo 5. Estudio de Túneles

Determinación de espesores de blindaje en función de la presión interior con colaboración de la roca										
Límite Elástico		355 N/mm2	(S235)	γ	1,15		Long. G.A.P.	1842,14 m		
Límite Rotura		550 N/mm2	(S235)	D útil	450 cm		Long. G.B.P.	1288,79 m		
Límite Comp.		4782,61 kg/cm2		e min	2 cm		Sobrepresión	25 %		
Coste S355	6,5 €/kg									
PK	Longitud (m)	P Agua (msnm)	Z tubo (msnm)	Z terreno (msnm)	P agua (kg/cm2)	e calc. (cm)	e min. (cm)	σ calc. (N/mm2)	Peso (Tn)	Coste (M€)
0		1608,5	1600	1600	0,85	0,03998864	2,00	9,56		
0	40	1608,5	1560	1600	4,85	0,22817045	2,00	54,56	89,18	0,58
100	100	1620,15	1559,2	1583,33	6,095	0,28674205	2,00	68,57	222,94	1,45
189	89	1630,51	1559,5	1583,33	7,101	0,33406977	2,00	79,89	198,42	1,29
200	12,47	1631,8	1553,63	1572,01	7,817	0,36775432	2,00	87,94	27,80	0,18
300	113,34	1643,44	1500,27	1560,43	14,317	0,67354977	2,00	161,07	252,68	1,64
400	113,34	1655,09	1446,92	1540,86	20,817	0,97934523	2,00	234,19	252,68	1,64
500	113,34	1666,74	1393,56	1517,83	27,318	1,28518773	2,00	307,33	252,68	1,64
600	114,34	1678,39	1340,2	1499,74	33,819	1,59103023	2,00	380,46	254,91	1,66
700	114,34	1690,04	1286,85	1490,71	40,319	1,89682568	2,00	453,59	254,91	1,66
800	114,34	1701,68	1233,49	1449,65	46,819	2,20262114	2,20	478,26	280,86	1,83
900	114,34	1713,33	1180,13	1386,66	53,32	2,50846364	2,51	478,26	320,08	2,08
1000	114,34	1724,98	1126,78	1315,25	59,82	2,81425909	2,81	478,26	359,34	2,34
1100	114,34	1736,63	1073,42	1267,12	66,321	3,12010159	3,12	478,26	398,66	2,59
1200	114,34	1748,27	1020,07	1231,06	72,82	3,42585	3,43	478,26	438,02	2,85
1300	114,34	1759,92	966,71	1170,44	79,321	3,7316925	3,73	478,26	477,44	3,10
1400	114,34	1771,57	913,35	1101,46	85,822	4,037535	4,04	478,26	516,92	3,36
1500	114,34	1783,22	860	1035,25	92,322	4,34333045	4,34	478,26	556,45	3,62
1600	100	1794,87	860	990,32	93,487	4,39813841	4,40	478,26	492,86	3,20
1617,25	17,25	1796,88	860	980	93,688	4,40759455	4,41	478,26	85,20	0,55
1617,26	5	1062	855	980	20,7	0,97384091	2,00	232,88	11,15	0,07
1700	82,78	1055,42	857,61	950,89	19,781	0,93060614	2,00	222,54	184,55	1,20
1800	100,07	1047,47	861,29	960,41	18,618	0,87589227	2,00	209,45	223,10	1,45
1900	100,12	1039,52	866,1	985,05	17,342	0,81586227	2,00	195,10	223,21	1,45
2000	100,09	1031,56	870,37	1033,93	16,119	0,75832568	2,00	181,34	223,14	1,45
2100	100,09	1023,61	874,62	1081,18	14,899	0,70093023	2,00	167,61	223,14	1,45
2200	100,09	1015,66	878,87	1152,27	13,679	0,64353477	2,00	153,89	223,14	1,45
2300	100,09	1007,71	883,13	1200,33	12,458	0,58609227	2,00	140,15	223,14	1,45
2400	100,09	999,76	887,38	1173,01	11,238	0,52869682	2,00	126,43	223,14	1,45
2500	100,09	991,81	891,69	1113,97	10,012	0,47101909	2,00	112,64	223,14	1,45
2600	100,09	983,85	895,89	1060,86	8,796	0,41381182	2,00	98,96	223,14	1,45
2700	100,19	975,9	902	1007,9	7,39	0,34766591	2,00	83,14	223,36	1,45
2800	100	967,9504	902,25	970	6,57004	0,30909052	2,00	73,91	222,94	1,45
2900	100	960	902,25	969,99	5,775	0,2716875	2,00	64,97	222,94	1,45
	3130,93								8605,25	55,93
		Longitud	Peso		Coste					
Galería de Alta Presión		1842,14 m	5732,02 tn		37,26 M€					
Galería de Baja Presión		1288,79 m	2873,23 tn		18,68 M€					
Total		3130,93 m	8605,25 tn		55,93 M€					

Tabla 4. Espesores de acero S355 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 2



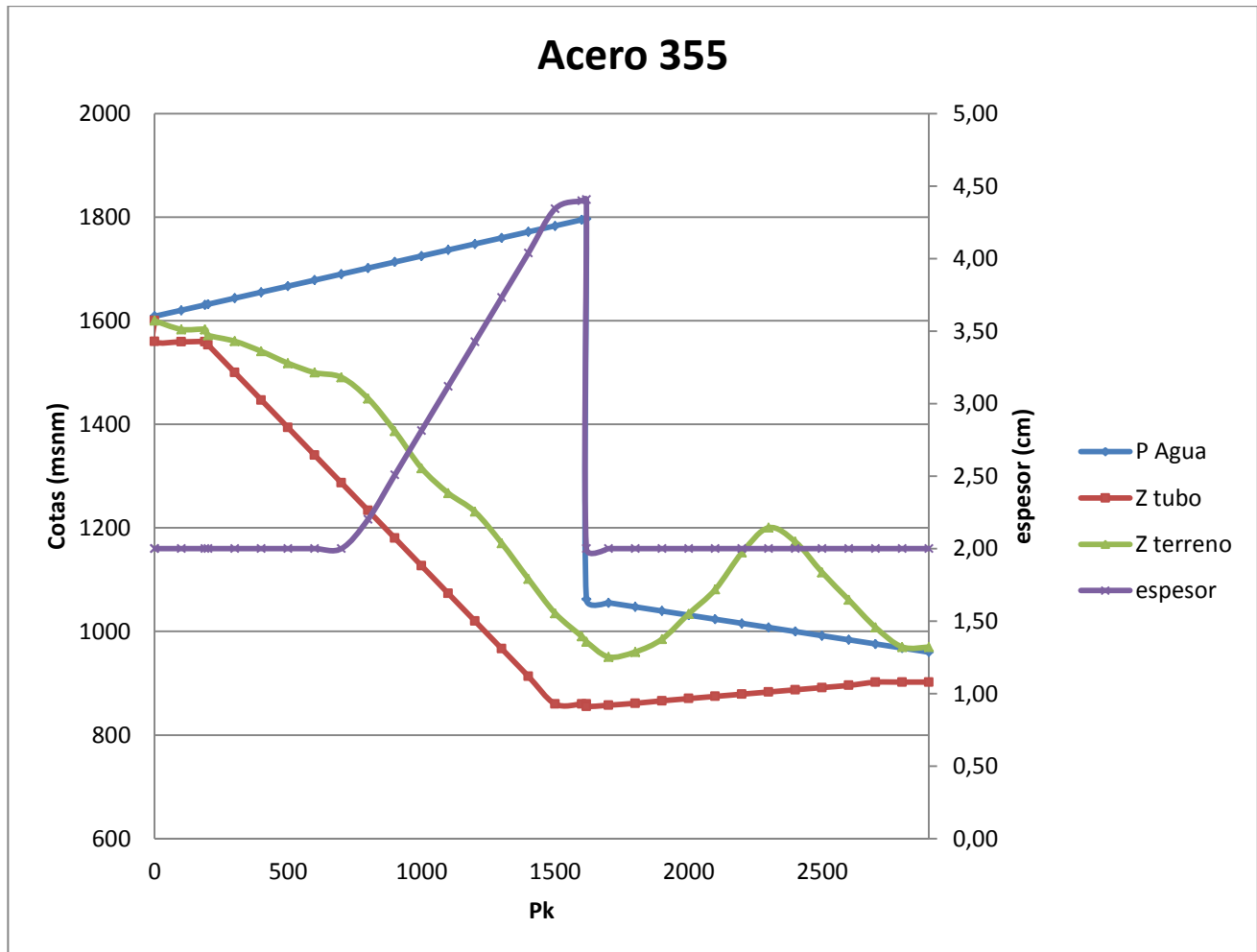


Figura 5. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S355 Alternativa 2

A los costes de blindaje añadiremos los costes de excavación, sostenimiento y revestimiento, para los que consideraremos un coste medio de 18.600 €/ml

La longitud total del túnel, de 3,1 km, propicia un coste por metro sensiblemente alto.

En este coste se repercute el coste de fabricación de la TBM (tunnel boring machine), transporte hasta la zona de trabajo, montaje y desmontaje y costes de alimentación de materiales y mantenimiento. Aproximar los costes de utilización de una tuneladora no es una tarea trivial. Estos costes dependen de varios factores tales como la ubicación de la obra, el diámetro de la excavación, la longitud del túnel, el tipo de material a excavar, la presencia de agua, la distancia de transporte de la tuneladora, disponibilidad de fábrica de dovelas, año de ejecución del túnel, etc.

Se ha consultado información de diversas fuentes como la tesina “*Estimación de coste y plazo de ejecución en proyectos de túneles mecanizados*” de Ignacio Sáenz de Santa María Gatón, estudiante de Ingeniería de Caminos de la UPC, el cual presenta datos obtenidos de casas de fabricantes de tuneladoras importantes como *Lovat*, *Robbins* o *Herrenknecht*. También se han consultado proyectos parecidos de empresas de Ingeniería o páginas web de interés tales como <http://tbmexchange.com/>. En el Apéndice 1 se pueden ver los cálculos realizados para una aproximación del coste en proyectos de características parecidas al presente.

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje	37,26	18,68	55,93 M€
Tuneladora (incluye excavación, sostenimiento y revestimiento)	34,26	23,97	58,24 M€
<b>TOTAL</b>	<b>71,52</b>	<b>42,65</b>	<b>114,17 M€</b>

## 2.4. Alternativa 3. Tubería exterior

Para el análisis de esta solución se consideran las siguientes hipótesis de cálculo:

- Para la determinación del espesor de acero necesario se empleará como límite de comparación del acero el límite de elástico minorado por 1,9.
- Se considera el mismo precio del acero respecto a la solución túnel
- Se considera una partida de 5 M€ para englobar los costes correspondientes a excavación de plataforma, protección exterior del tubo, macizos de anclaje, apoyos y compensadores de dilatación.
- Se considera una sobrepresión del 25%.
- Se prevé un pozo de conexión que conecte la conducción forzada con la caverna. En la determinación de su blindaje se considera la colaboración de la roca.

Para la valoración económica consideramos que desde la central hacia aguas abajo los costes son equivalentes a la solución con excavación en mina, correspondiente a la más económica de las dos alternativas planteadas anteriormente (en galería).

## Anejo 5. Estudio de Túneles

Determinación de espesores de blindaje en tubería exterior										
Límite Elástico		355 N/mm2	(S235)	yext	1,9		Long. G.A.P.	1759,64 m		
Límite Rotura		550 N/mm2	(S235)	D útil	450 cm		Long. G.B.P.	1283,79 m		
Límite Comp.		1868,42 kg/cm2		e min	2 cm		Sobrepresión	25 %		
Límite Comp. Pozo		4782,6087 kg/cm3		y_pozo	1,15					
Coste S355	6,5 €/kg									
PK	Longitud (m)	P Agua (msnm)	Z tubo (msnm)	Z terreno (msnm)	P agua (kg/cm2)	e calc. (cm)	e min. (cm)	σ calc. (N/mm2)	Peso (Tn)	Coste (M€)
0		1608,5	1600	1600	0,85	0,10235915	2,00	9,56		
100	101,12	1620,15	1585	1583,33	3,515	0,42328521	2,00	39,54	225,44	1,47
200	101,12	1631,8	1570	1570,01	6,18	0,74421127	2,00	69,52	225,44	1,47
300	101,12	1643,44	1555	1560,43	8,844	1,0650169	2,00	99,50	225,44	1,47
400	101,12	1655,09	1540	1540,86	11,509	1,38594296	2,00	129,48	225,44	1,47
500	101,12	1666,74	1525	1517,83	14,174	1,70686901	2,00	159,46	225,44	1,47
600	101,12	1678,39	1510	1499,74	16,839	2,02779507	2,03	186,84	228,58	1,49
700	101,12	1690,04	1495	1490,71	19,504	2,34872113	2,35	186,84	264,95	1,72
800	114,67	1701,68	1438,89	1499,65	26,279	3,1645838	3,16	186,84	405,55	2,64
900	114,67	1713,33	1382,78	1386,66	33,055	3,9805669	3,98	186,84	511,04	3,32
1000	114,67	1724,98	1326,67	1315,25	39,831	4,79655	4,80	186,84	616,90	4,01
1100	114,67	1736,63	1270,56	1267,12	46,607	5,6125331	5,61	186,84	723,14	4,70
1200	114,67	1748,28	1214,44	1231,06	53,384	6,42863662	6,43	186,84	829,78	5,39
1300	114,67	1759,92	1158,33	1170,44	60,159	7,2444993	7,24	186,84	936,76	6,09
1400	114,67	1771,57	1102,22	1101,46	66,935	8,06048239	8,06	186,84	1044,13	6,79
1500	114,67	1783,22	1046,11	1035,25	73,711	8,87646549	8,88	186,84	1151,87	7,49
1600	114,67	1794,87	990	990,32	80,487	9,69244859	9,69	186,84	1260,00	8,19
1617,24	19,77	1796,88	980,33	980	81,655	9,83310211	9,83	186,84	220,45	1,43
1617,25	125,33	1796,89	855	980	94,189	4,43116432	4,43	478,26	622,39	4,05 Pozo
1617,26	0,01	1062	855	980	20,7	0,97384091	2,00	232,88	0,02	0,00
1700	82,78	1055,42	857,61	950,89	19,781	0,93060614	2,00	222,54	184,55	1,20
1800	100,07	1047,47	861,29	960,41	18,618	0,87589227	2,00	209,45	223,10	1,45
1900	100,12	1039,52	866,1	985,05	17,342	0,81586227	2,00	195,10	223,21	1,45
2000	100,09	1031,56	870,37	1033,93	16,119	0,75832568	2,00	181,34	223,14	1,45
2100	100,09	1023,61	874,62	1081,18	14,899	0,70093023	2,00	167,61	223,14	1,45
2200	100,09	1015,66	878,87	1152,27	13,679	0,64353477	2,00	153,89	223,14	1,45
2300	100,09	1007,71	883,13	1200,33	12,458	0,58609227	2,00	140,15	223,14	1,45
2400	100,09	999,76	887,38	1173,01	11,238	0,52869682	2,00	126,43	223,14	1,45
2500	100,09	991,81	891,69	1113,97	10,012	0,47101909	2,00	112,64	223,14	1,45
2600	100,09	983,85	895,89	1060,86	8,796	0,41381182	2,00	98,96	223,14	1,45
2700	100,19	975,9	902	1007,9	7,39	0,34766591	2,00	83,14	223,36	1,45
2800	100	967,9504	902,25	970	6,57004	0,30909052	2,00	73,91	222,94	1,45
2900	100	960	902,25	969,99	5,775	0,2716875	2,00	64,97	222,94	1,45
1617,25			860							
	3168,77								12804,82	83,23
		Longitud	Peso		Coste					
Galería de Alta Presión		1759,64 m	9320,33 tn		60,58 M€					
Galería de Baja Presión		1283,79 m	2862,08 tn		18,60 M€					
Pozo		125,34 m	622,41 tn		4,05					
Total		3168,77 m	12804,82 tn		83,23 M€					

Tabla 5. Espesores de acero S355 y coste a lo largo de la tubería Alternativa 3

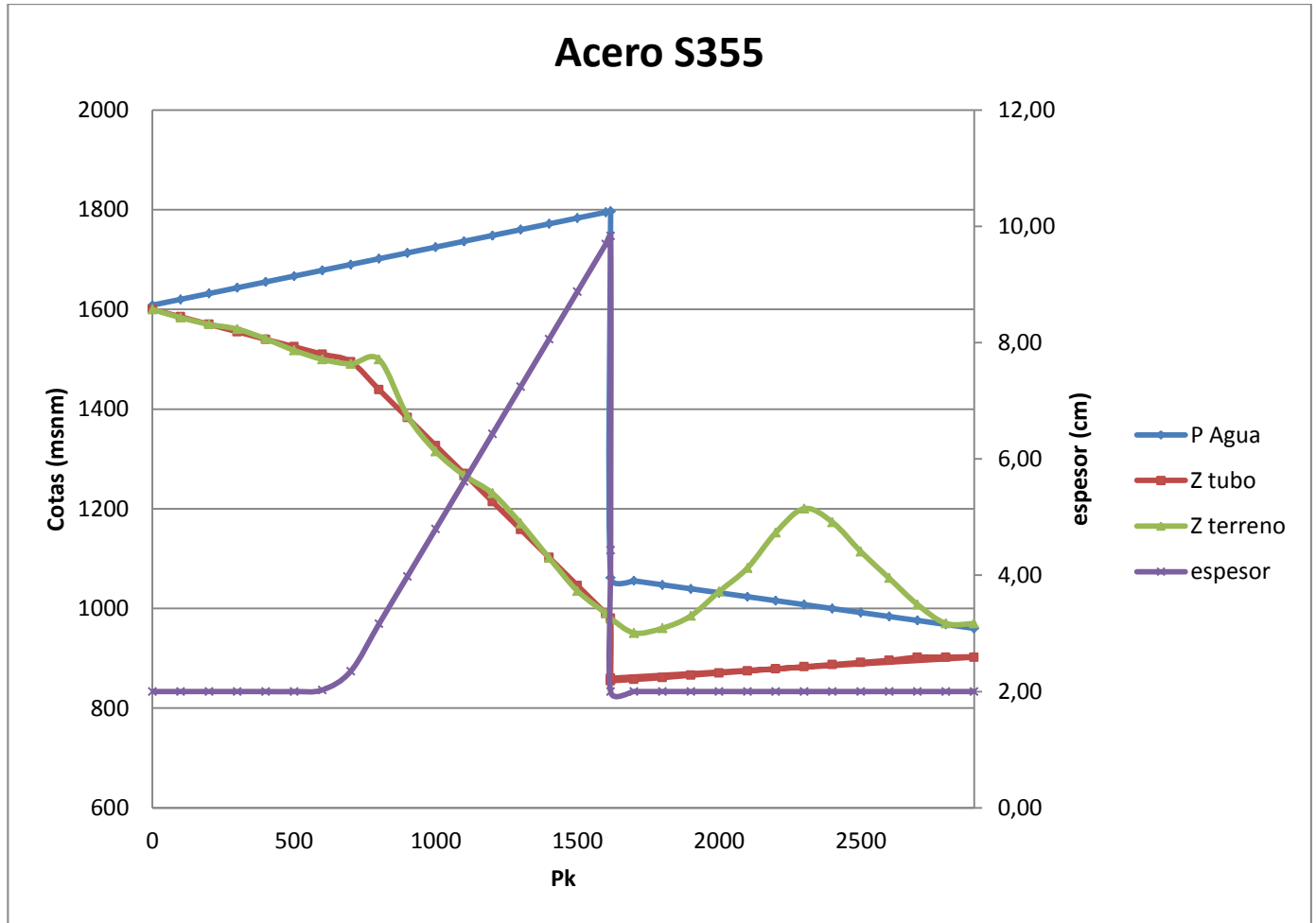


Figura 6. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S355 Alternativa 3

En la tabla siguiente aparecen los conceptos de Blindaje, Excavación y Sostenimiento y Revestimiento en el Tramo de Alta Presión. Los valores económicos de estos ítems se corresponden a la excavación del pozo de unión entre la conducción forzada y la caverna y su valoración se hace de forma coherente a los precios unitarios establecidos para la valoración de excavaciones de galería en mina.

	Galería AP	Galería BP	Total
Blindaje (Tubería exterior)	60,58		60,58 M€
Auxiliares tub. Exterior	5,00		5,00 M€
Blindaje (Pozo y enterrada)	4,05	18,60	22,65 M€
Excavación y Sostenimiento	0,47	4,81	5,28 M€
Revestimiento	0,36	3,66	4,01 M€
<b>TOTAL</b>	<b>70,45</b>	<b>27,07</b>	<b>97,52 M€</b>

Tal y como muestra la gráfica de presiones y espesores a lo largo de la tubería, los espesores de acero para esta alternativa son muy grandes (hasta casi 10 cm de espesor de blindaje). Es por eso por lo que se tendría que considerar la adición de un **calderín de expansión** en las proximidades de la central para eliminar las sobrepresiones por transitorios en la conducción forzada exterior y en consecuencia reducir su espesor de blindaje y también su coste.

La presión de cálculo en la tubería de alta presión correspondería a la estática incrementada exclusivamente en un 5% para comprender las pérdidas de carga en situación de bombeo y un pequeño margen complementario.

En esta situación los espesores de la conducción serán menores y podremos comprobar si añadiendo esta cámara de expansión puede ser una solución más ventajosa. Lógicamente deberá valorarse la cámara de expansión necesaria, lo cual no es estudio de este proyecto y se deja para posibles proyectos posteriores a éste.

La reducción de las sobrepresiones y de los espesores se puede apreciar en el gráfico siguiente.

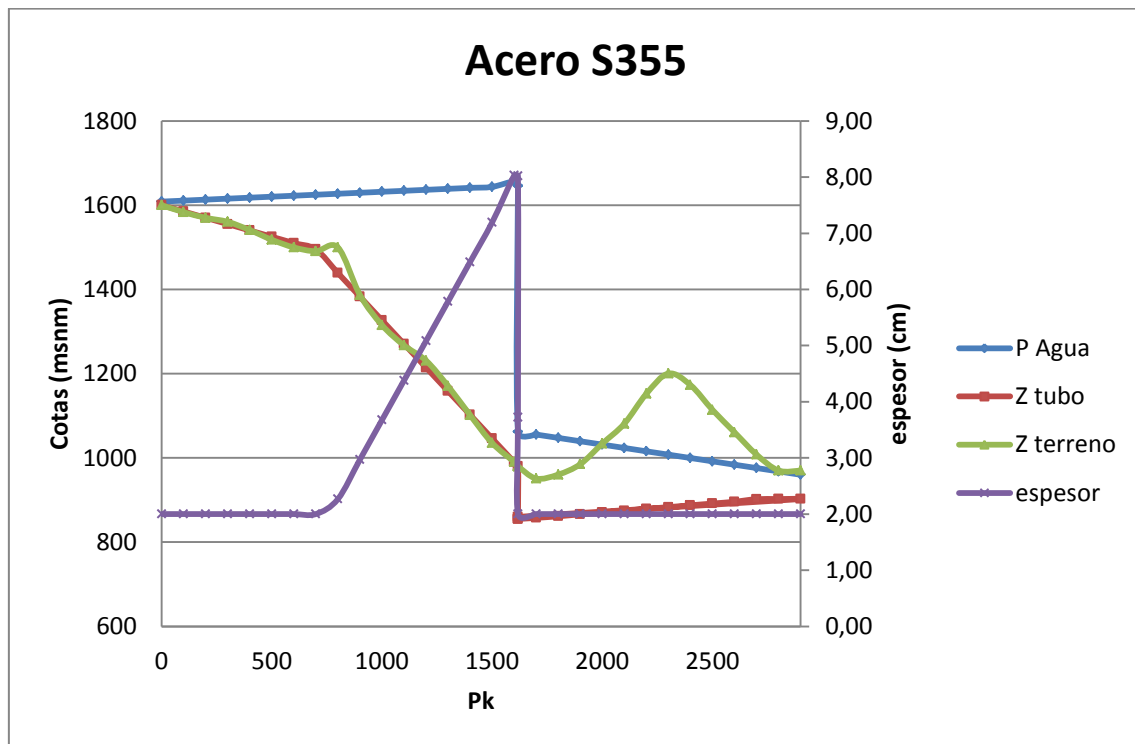


Figura 7. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S355 Alternativa 3 + Calderín de expansión



## **2.5. Solución adoptada**

La solución en tubería exterior resulta más económica que la alternativa de la tuneladora, pero no más que la alternativa de **galería excavada en mina**. Además la opción de la excavación en mina presenta menos problemas de impacto ambiental que la de tubería exterior.

**APÉNDICE 1**

Estimación del coste de tuneladoras

## Anejo 5. Estudio de Túneles

### ESTIMACIÓN DE COSTE Y PLAZO CON HIPÓTESIS DE TÚNEL INCLINADO

Túnel	Longitud	Dimensiones	Excavación	Coste [€/ml]			Plazo Ejecución [Meses]		
				Coste Medio	Intervalo 90 %		Media	Intervalo 90 %	
					Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
PRINCIPAL 1	2850	Øn=5 m	TBM	18.592 €	16.807 €	20.351 €	10,0	6,8	13,2
PRINCIPAL 2	2850	Øn=7 m	TBM	23.344 €	21.088 €	25.544 €	11,4	8,0	14,8
ACCESO	900	8x10	Mina	17.617 €	14.839 €	20.333 €	7,3	5,2	9,4
CAVERNA	20x35x50	BxHxL	Mina	79.796 €	71.816 €	99.745 €	4,0	3,0	6,8
POZO 1	20	H	Mina	10.802 €	9.722 €	13.503 €	1,5	1,0	2,0
POZO 2	20	H	Mina	15.159 €	13.643 €	18.949 €	1,5	1,0	2,0

Diámetro (m)	Perímetro (m)	Grosor medio (m)	m3/ml	kg/m3	kg/ml	€/kg	Total €/ml
5,0	15,7	0,05	0,79	7850	6.162,25	6	36.973,50 €
7,0	22,0	0,05	1,10	7850	8.635,00	6	51.810,00 €

	Media Mensual	Meses	TOTAL
Coste Mantenimiento-Montajes/Desmontajes	785.000,00 €	4	3.140.000,00 €

OBRA CIVIL -EXCAVACIÓN+SOSTENIMIENTO						
ALTERNATIVAS	COSTES			PLAZO		
	MINIMO	MEDIO	MAXIMO	MINIMO	MEDIO	MAXIMO
ALTERNATIVA 1 (5 m)	68.225.207 €	76.188.340 €	84.697.647 €	19,0	25,3	33,4
ALTERNATIVA 2 (7 m)	80.504.483 €	89.818.680 €	99.606.622 €	20,2	26,7	34,9

OBRA CIVIL -EXCAVACIÓN+SOSTENIMIENTO+CHAPA						
ALTERNATIVAS	COSTES			PLAZO (+18 meses por tubería)		
	MINIMO	MEDIO	MAXIMO	MINIMO	MEDIO	MAXIMO
ALTERNATIVA 1 (5 m)	128.861.747 €	136.824.880 €	145.334.187 €	37,0	43,3	51,4
ALTERNATIVA 2 (7 m)	165.472.883 €	174.787.080 €	184.575.022 €	38,2	44,7	52,9

**Nota 1:** La longitud del túnel principal se descompone en los 1640 m entre la caverna y pozo y los 1210 m entre la caverna y la salida del sistema

ALTERNATIVA 1 (Según proceso constructivo): ACCESO+CAVERNA+PRINCIPAL 1 (1640 m)+POZO1+PRINCIPAL 1 (1210 m)

ALTERNATIVA 2 (Según proceso constructivo): ACCESO+CAVERNA+PRINCIPAL 2 (1640 m)+POZO2+PRINCIPAL 2 (1210 m)

**Nota 2:** Los costes y plazos de ejecución expuestos en este documento han sido calculados considerando las partidas relativas a excavación y sostenimiento

**Nota 3:** Costes para el año 2011


**Nota 4:** Los plazos de ejecución de los túneles en mina y cavernas estimados para 1 frente trabajando las 24 horas/7 días a la semana.

**Nota 5:** La implantación y montaje de la tuneladora aumenta el plazo de ejecución en 2 mes. Se prevee que cada desmontaje/montaje posterior tenga un plazo de 1 mes.

**Nota 6:** En todos los túneles/cavernas se han considerado unas pizarras de RMR 40 (Roca Media).

**Nota 7:** El plazo se ha estimado sumando los plazos previstos de cada actividad salvo la ejecución del pozo que se puede independizar.

**Nota 8:** Estas estimaciones son preliminares y estan sujetas a un estudio más detallado de los condicionantes. Se incluye el revestimiento necesario para soportar la presión interna del agua.



# Anejo 6. Descripción de la Solución Adoptada

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. BALSA SUPERIOR .....	2
3. OBRA DE CAPTACIÓN SUPERIOR .....	4
4. GALERÍA DE ALTA PRESIÓN .....	4
5. CENTRAL.....	6
6. GALERÍA DE BAJA PRESIÓN .....	7
7. CHIMENEA DE EQUILIBRIO.....	8
8. OBRA DE CAPTACIÓN INFERIOR.....	8
9. ACCESOS DEFINITIVOS Y DE OBRA.....	9
10. EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS .....	12
11. TRANSFORMACIÓN DE POTENCIA Y ESTACIÓN EXTERIOR.....	15
12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATISMOS .....	16
12.1. Niveles de tensión.....	16
12.2. Configuración del sistema eléctrico.....	18
13. LÍNEA DE EVACUACIÓN DE ENERGIA .....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de tensión y de aislamiento para instalaciones de alta tensión .....	17
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anclaje de la lámina de PEAD en el embalse superior.....	3
Figura 2. Imagen 3D del emboquille de la toma del embalse superior .....	4
Figura 3. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S355 (Anejo Estudio de Túneles).....	5
Figura 4. Esquema accesos.....	11



## 1. INTRODUCCIÓN

La solución adoptada cuenta con una balsa superior con coronación a cota 1610 msnm y capacidad de 2,7 Hm<sup>3</sup>, una conducción de alta presión excavada en galería que conecta con la central, la cual se sitúa excavada en caverna, para cuyo acceso se construirá un túnel carretero. La restitución se realizará mediante otra galería de baja presión, también excavada en galería, que conectará con el embalse de Matalavilla, disponiéndose de los equipos de cierre necesarios. La subestación se situará en el exterior, casi en la vertical de la central, conectándose con ella mediante un pozo excavado al efecto. Desde la subestación se instalará una línea de 400 kV que conectará con la subestación de Anllares.

A continuación se describen cada una de las unidades de obra.

## 2. BALSA SUPERIOR

La balsa superior situará su coronación en cota 1610 msnm. La cota de fondo será la 1588,50 msnm por lo que la altura interior del dique será de 21.5 m. La cota máxima de lámina de agua se sitúa en la 1608,50 msnm, por lo que el resguardo previsto es de 1,5 m. Los taludes interiores y exteriores de la balsa contarán con una pendiente 1/1,8. Se ha previsto una importante excavación para generar una explanación suficientemente amplia como para contener una balsa de capacidad de volumen almacenado de 2,7 Hm<sup>3</sup>.

El material de excavación será empleado para la construcción del dique, previo machaqueo, clasificación y cribado. El balance de tierras proporciona un exceso de material que en parte podrá ser depositado junto a los taludes de la propia balsa, generando una geometría irregular que favorecerá la integración visual.

En los trabajos previos se contempla la retirada de 30 cm de la tierra vegetal en el ámbito de toda la obra, y su acopio para la posterior reposición en las zonas de ocupación temporal y en los taludes de la balsa.

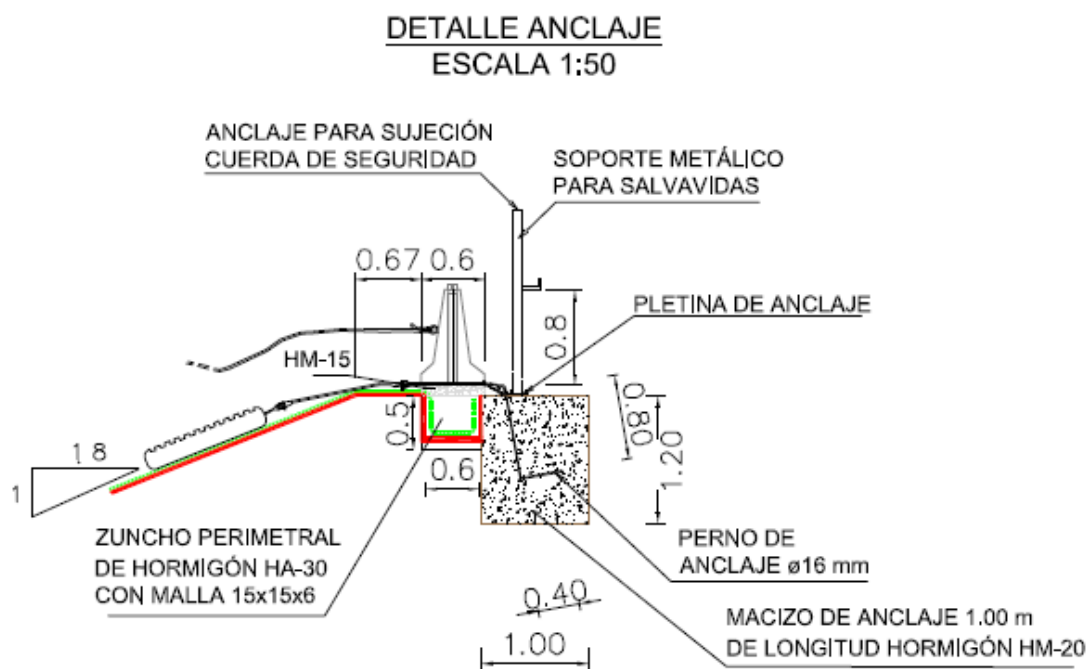
Como se ha dicho anteriormente el dique de la balsa estará formado por un terraplén de material proveniente de la excavación, convenientemente clasificado y compactado.

El fondo de la balsa se prepara para recibir la membrana impermeable con una capa de zahorra artificial en las zonas excavadas con un grosor de 30 cm. En los taludes se dispondrá una capa de zahorra estabilizada con un 5% de cemento, sobre el que se extenderán, en este orden, un fieltro geotéxtil y la lámina de PEAD impermeabilizante.

El saneo de la base del dique tendrá un grosor de 1 m.

La red de drenaje de fondo se dispondrá en forma de espina de pez, y tendrá como objetivo recoger las posibles filtraciones que se puedan producir. Esta red es de tuberías corrugadas de PEAD de 200 mm con relleno de material filtrante (gravilla 5-15 cm) con una lámina de geotéxtil de 125 g/m<sup>2</sup> por encima. Las zanjas excavadas para el drenaje, en las que se situarán las bandas drenantes, se ejecutarán previamente a la colocación del geotéxtil de recubrimiento, y se rellenarán de material filtrante. Posteriormente se realizará el terraplenado del fondo del vaso con la zahorra artificial. El drenaje del fondo se dispondrá en seis sectores totalmente diferenciados, 4 en el fondo del vaso y dos perimetrales al pie de los taludes, los cuales serán conducidos hasta una arqueta de registro, desde la que se evacuará el agua de infiltración mediante una tubería de PEAD corrugado de diámetro 315.

En los taludes interiores y en todo el vaso se extenderá un geotéxtil de 300 g/m<sup>2</sup> y sobre este, la correspondiente lámina impermeable de PEAD de 1,5 mm de grosor. Tanto el geotéxtil como la lámina impermeabilizante irán anclados en un zuncho perimetral de 0,5 x 0,6 m, disponiendo en la parte superior unas piezas prefabricadas tipo New Jersey. Estas piezas tienen la doble función de protección de seguridad y fijación frente a la succión del viento.



*Figura 1. Anclaje de la lámina de PEAD en el embalse superior*

En el vaso de la balsa se dispondrán muertos prefabricados de hormigón en todo el perímetro para garantizar la no flotabilidad y la sujeción de la lámina en su apoyo sobre el vaso de la balsa. También se dispondrán lastres de hormigón prefabricado unidos con cable de acero de 16 mm.

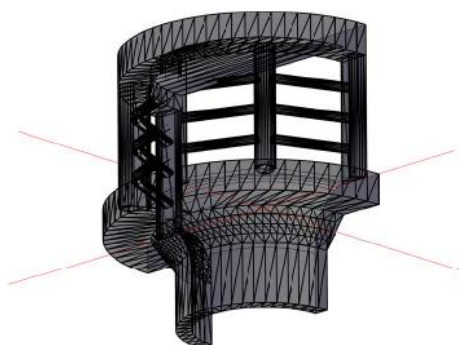
Se urbanizará un camino perimetral en la coronación de la balsa, incluyendo una rotonda en la entrada de las instalaciones y una zona de aparcamiento en el extremo noroeste. El camino tendrá una anchura útil de unos 5 m, con una pendiente del 2% hacia el exterior para evitar que haya aportaciones de aguas superficiales. En sección se afirmará con 25 cm de zahorra artificial, una capa de riego de imprimación, una capa de 10 cm de mezcla bituminosa.

Todo el recinto de la balsa quedará cerrado mediante la colocación de una valla perimetral de acero galvanizado de 2 m de altura para evitar el intrusismo. La valla contará con un zócalo inferior para evitar la entrada de pequeños mamíferos. El recinto se iluminará perimetralmente con farolas cada 40 m.

### 3. OBRA DE CAPTACIÓN SUPERIOR

La obra de captación superior consiste en una torre cilíndrica de 5 metros de altura y diámetro 9 m. La cubierta superior consiste en una losa maciza de hormigón armado de 50 cm de espesor, la cual se sustenta sobre ocho pilares de sección hidrodinámica. La estructura se completa en cada vano con tres vigas horizontales de cantos redondeados, con intereje 1 m.

Toda esta estructura se sustenta sobre una zapata circular de 1 m de anchura que conectará directamente con el revestimiento de hormigón de la galería, realizándose una transición redondeada que minimiza las pérdidas de carga.



*Figura 2. Imagen 3D del emboquille de la toma del embalse superior*

### 4. GALERÍA DE ALTA PRESIÓN

La galería de alta presión se inicia mediante un pozo vertical de 20 m de longitud excavado en mina. Este pozo enlaza mediante un codo de 10 m de radio con un tramo horizontal de 189 m de longitud en el que se instalarán dos válvulas de mariposa para

permitir el cierre de la galería. Las válvulas se situarán en una cámara a la que se tendrá acceso desde el exterior mediante unas escaleras que descenderán 23,65 m por una galería vertical, la cual se proyecta con dimensiones suficientes para permitir el izado de las válvulas y de los elementos auxiliares. Se dispondrá una edificación en la entrada a la galería en la que se instalarán los polipastos necesarios para facilitar las maniobras. A 25 m aguas abajo de las válvulas se produce otro codo, de las mismas características que el anterior, y se recupera la alineación vertical, descendiendo sin variaciones hasta alcanzar la cota 1188 msnm, prosigue con una pendiente del 23% en una longitud de 1305 m hasta las proximidades de la caverna, donde tras un codo adopta una alineación horizontal hasta enlazar con la turbina. Este tramo horizontal se sitúa en cota 860 msnm y cuenta con una longitud de 167,3 m. hasta la bifurcación.

El tramo vertical se excavará en sección circular de 5,5 m de diámetro mínimo, previéndose un recubrimiento de hormigón armado de 50 cm y un blindaje de acero de un mínimo de 2 cm de espesor de acero S355.

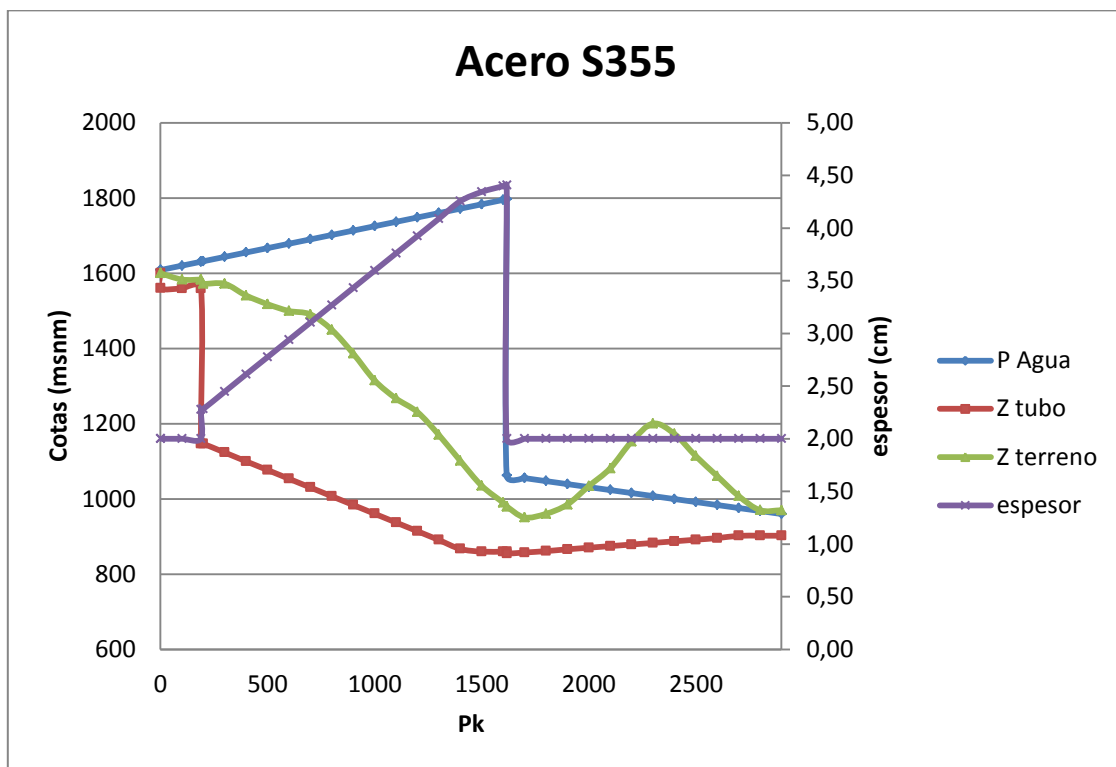


Figura 3. Gráfica de presiones a lo largo de la tubería para acero S355 (Anejo Estudio de Túneles)

Los tramos inclinado y horizontal se excavarán con sección en herradura para permitir el tránsito y cruce de maquinaria de obra, adoptándose una sección circular de diámetro interior 4,5 m, con revestimiento de hormigón armado y blindaje de acero. El espesor de este blindaje será variable en función de la relación entre presión interior máxima y presión exterior.

Para el análisis de los blindajes necesarios se ha considerado una sobrepresión máxima del 25%, de acuerdo con los cálculos realizados en el Anejo 5 de Estudio de Túneles. Se ha considerado la colaboración de la roca en la reducción de la presión interior, para lo que en una primera aproximación, se ha dimensionado la conducción como si fuera exterior y resistiera la presión interior trabajando hasta el límite de rotura reducido por un coeficiente de 1,1.

Los cálculos se han efectuado para diferentes calidades de acero (ver anejo Estudio de Túneles) adoptándose finalmente un S355.

En el gráfico se observa el perfil longitudinal del salto, con el trazado de la galería, el perfil del terreno y las envolventes de sobrepresión. En morado se grafía (según eje derecho) el espesor necesario en cada tramo. Como se puede observar el espesor máximo no llega a los 5 cm.

## **5. CENTRAL**

La central se proyecta en una caverna situada al final de la conducción de alta presión, con los dos grupos dispuestos alineados de forma que la restitución enlaza directamente con la galería de baja presión en dirección al embalse inferior.

Se ha analizado la posibilidad de disponerla en pozo, haciendo las excavaciones desde el exterior, pero las necesidades de aspiración de las turbo-bombas respecto al embalse inferior implicaban unas excavaciones excesivamente profundas para acometerlas desde el exterior, por lo que se adopta la solución de central en caverna.

La central deberá tener un acceso desde la carretera CV-127-13, para lo cual deberá ejecutarse un puente sobre el río Salentinos que conectará la citada vía con el emboquille del túnel y con la subestación. El túnel será de grandes dimensiones (9 x 8 m) permitiendo la entrada de las mayores piezas que integren los equipos. Se prevé que tenga una longitud de 780 m.

La central se proyecta alojada en una caverna situada entre las cotas 852,00 msnm, base de la aspiración, y la 889,60 msnm. El terreno, encima la central, tiene una cobertura mínima de 92 metros de roca granítica, por lo que no son de temer hundimientos si la excavación se realiza con cautela y se hormigona siguiendo un orden lógico.

En planta, la central se dispone relativamente paralela al embalse, en una nave de aproximadamente 56,6 metros de longitud con una anchura de 20,6 metros.

Los ejes de los grupos se disponen a 10,5 metros del paramento lado balsa superior y a 9,5 metros del de lado embalse inferior, con el fin de que se alojen, en el primer



caso, las válvulas de protección de los grupos, y en el segundo, las compuertas de aislamiento que propicien su cierre para mantenimiento y reparaciones.

La planta principal de la nave se sitúa a la cota 870,20 msnm, que es la planta comúnmente denominada de excitatrices, pues los alternadores de los grupos emergen del suelo mostrando esta parte. Por encima de este nivel se disponen tan sólo la viga que soportará los carriles del puente grúa, a cota 881,00 msnm.

El eje de las turbinas se dispone a la cota 860,00 msnm, siendo la cota del agua a la salida variable entre 910,00 y 960.00 msnm, es decir, que el rodete se ubica con una sumergencia mínima de 50 metros, con el fin de permitir el funcionamiento de la turbina con variaciones del nivel del embalse previstos.

Los alternadores se prevé apoyarlos sobre un forjado a cota 866,00 msnm. El nivel inferior de la central se dispone a la cota 862,00 msnm, por el que se tendrá acceso al eje de las turbinas y al distribuidor de las mismas. Por debajo del mismo sólo hay accesos para la base de las válvulas y de las compuertas, a cota 850,70 msnm, la entrada al tapón de la aspiración y el pozo de achique.

Los grupos se disponen en planta a 15 metros de distancia entre ellos, con el fin de que haya suficiente espacio para los caracoles de las turbinas y el hormigón que los rodea. Entre el extremo del último grupo y el final de la nave de la central se dispone de un espacio de 12 metros, con el fin de que, si es necesario, se pueda utilizar como playa de desmontaje.

Los huecos correspondientes a las válvulas de protección y a las compuertas situadas a la salida de los grupos estarán protegidos por una religa en el nivel de cota 862,00 msnm, pues a este nivel se proyecta el acceso a la central, desde su extremo situado aguas abajo, mediante una galería de unos cien metros de longitud y siete metros de ancho, y esta última dimensión debe ser confrontada cuando se adquieran los equipos. Esta galería alojará los cables de potencia de salida de la central.

Tanto las paredes como la bóveda de la central irán revestidas con hormigón armado HA-25, previsto con un espesor de 0,80 metros en las paredes, y un mínimo de 0,60 metros en la clave de la bóveda, aumentando hacia los laterales de la misma.

Los conductos de restitución a la galería de baja presión tienen 3,8 metros de diámetro y ascienden desde la cota 852,55 msnm.

## **6. GALERÍA DE BAJA PRESIÓN**

La galería de baja presión se inicia en la aspiración de las turbo-bombas, en cota 852,55 msnm. La galería se prolonga con una pendiente de 4.25% hacia el embalse

de Matalavilla, en una longitud de 1115,9 m, tras la cual se produce un leve codo de  $2.44^\circ$  con el que adopta una alineación horizontal. A 33 m aguas abajo del codo se sitúa la torre de compuertas, desde la que se podrá aislar la conducción. En este tramo la sección será cuadrada de 4,5 m de lado, por lo que tanto aguas arriba como aguas abajo, se habrán situado dos transiciones redondo-cuadrado.

A 114,6 m aguas abajo de esta torre se llega al embalse, en el que se realizará una obra de captación-restitución, consistente en un ensanchamiento con formas hidrodinámicas que minimicen las pérdidas de carga, consistente en una gran losa y dos muros de contención laterales. Encajando en este sistema se situará una reja que evite la entrada de cuerpos flotantes.

La totalidad de la galería contará con un diámetro interior de 4,5 m. El espesor del recubrimiento de hormigón armado será de 50 cm mínimo y se blindará en su totalidad con 2 cm de chapa de acero S355.

Los criterios empleados para la determinación de los espesores son los mismos que los aplicados en la descripción de la galería de alta presión.

## **7. CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

Para evitar la situación de vacío en la galería de baja presión se proyecta una chimenea de equilibrio situada a aguas abajo del pantalón de unión de las dos turbinas.

La chimenea tendrá un diámetro de 8 m y su coronación se situará en la cota 983 msnm, por lo que se prevé que desde el exterior suponga una elevación de unos 20 m de altura.

## **8. OBRA DE CAPTACIÓN INFERIOR**

La obra de captación inferior tiene unas dimensiones exteriores de 9 m de altura por 12 m de anchura, en la que se instalará una reja de gran paso para evitar la entrada de flotantes. Esta obra se excavará en la ladera del margen izquierdo del embalse de Matalavilla, en cota de explanación 899,50 msnm. Este hecho obligará a la situación de la cota del embalse por debajo de este nivel, impidiendo por tanto su explotación, dado que el nivel mínimo necesario para ello se sitúa en la cota 910 msnm.

Dado que se prevé dejar un tapón durante la construcción de la galería de baja presión, situado entre la captación y la torre de compuertas, se podría acometer esta obra con independencia del resto de unidades, aprovechando una época de estiaje en

la que las aportaciones al embalse sean menores y por tanto se minimicen las pérdidas de producción.

La torre de compuertas consiste en un pozo de 62 m de profundidad excavado en la ladera izquierda del embalse, sobre la galería de baja presión, y situado a poco más de 100 m de distancia desde la captación medidos sobre el eje de la conducción.

La torre tiene un diámetro exterior de 7,7 m y cuenta con dos espacios interiores que se prolongan por toda la torre por los que circularán las compuertas, una de las cuales será de emergencia. Las compuertas tendrán unas dimensiones de 4,50 m. En la base del pozo, sobre la clave de la galería, se construirán dos ménsulas en cada guía de compuerta, las cuales permitirán garantizar la estanqueidad en el cierre.

Sobre la torre, en cota 962,00 msnm, dos metros por encima de la cota máxima de embalse, se situará la caseta de compuertas, en la que se instalarán los mecanismos y equipos necesarios para la manipulación de las compuertas.

## **9. ACCESOS DEFINITIVOS Y DE OBRA**

Por la carretera CL-631, de Ponferrada a La Espina, se accede a la población de Paramo del Sil desde donde se accede a la zona de obras. Desde esta localidad una carretera local llega hasta Matalavilla. Poco antes de llegar al embalse al que da nombre, parte la carretera local CV-127-13 que sube a la localidad de Salentinos, siguiendo, por el fondo del valle, el curso del río del mismo nombre. Esta es la vía de acceso principal a toda la obra con excepción de la balsa superior.

Para acceder al paraje de La Campona, donde se ubica el depósito superior del aprovechamiento, desde la propia localidad de Páramo del Sil, parten diversas pistas de tierra, con anchos de 5 a 6 m, que permitirán el paso de vehículos pesados sin necesidad de apertura de nuevos accesos. Será preciso puntualmente actuar sobre algunas curvas de radio reducido y mejorar el firme con zahorras en algún tramo. En fases posteriores de desarrollo del proyecto se puede estudiar la posibilidad de mejorar el firme en todo el recorrido (6,3 km) con la utilización de tierras sobrantes de la excavación de los túneles y de la propia balsa. El tramo final de 1,77 km que conectará el camino existente con la balsa será de nueva construcción.

Para acceder a la toma inferior se aprovechará una pista existente que, en este caso, habrá que ensanchar para permitir el paso de vehículos de obra. La pista parte de la carretera CV.127-13 en su PK 0,980 y, con una longitud de 4 km, llega al margen del embalse de Matalavilla, en la cota de máximo nivel de explotación y en un punto muy próximo al de ejecución de la toma inferior. En fases posteriores del proyecto, en que

con una batimetría adecuada se podrá definir con mayor exactitud la toma inferior, se deberá definir a su vez el acceso definitivo a la caseta de mecanismos para las compuertas de toma y el acceso provisional para la ejecución de las obras de embocadura en la cota 900 msnm. En este proyecto se estima en 500 m la longitud de este tramo de nueva apertura.

Desde el PK 1,350 de la mencionada carretera CV-127-134, partirán los accesos definitivos a la central. Deberá construirse un puente sobre el río Salentinos justo al inicio del nuevo acceso. Una vez cruzado el río y en la cota 930 msnm, se iniciarán las vías de acceso definitivas. La primera, en túnel, para acceder a la central. La segunda proporcionará acceso a la subestación.

Para acceder a la central, se construirá un túnel de 8,0 m de ancho por 9,0m de altura máxima en la clave. Descontados los espesores de revestimientos para sostenimiento de la excavación, deberá dejar un ancho para la vía de rodadura de 7,0 m. El firme será de hormigón.

La longitud del túnel de acceso será de 780 m, llegando a la central a la cota 870,2 msnm, con lo que la pendiente proyectada no superará el 8%.

En el tramo final del acceso se abrirán dos túneles auxiliares para la ejecución de las galerías de presión del aprovechamiento. Ambos túneles tendrán una sección de 5,5 x 5,5 m y las siguientes longitudes: 325 m hasta llegar a la cota 853 msnm, justo aguas abajo del pantalón de los conductos de aspiración de las turbo-bombas, y 225 m hasta llegar a la cota 857,5 msnm justo aguas arriba del pantalón de entrada a las turbo-bombas. Ambas galerías se proyectan con una pendiente del 12%.

Desde la boca del túnel, en la cota 930 msnm, partirá una vía de acceso a cielo abierto hasta la subestación situada en el margen izquierdo del río Salentinos. Este acceso, con una longitud de 707 m, se abrirá a media ladera, proyectándose su ejecución con un firme de zahorra y un ancho de 5,0 m. Con una pendiente del 4,3%, llegará hasta la cota 960 msnm en que se proyecta la explanación de la subestación.



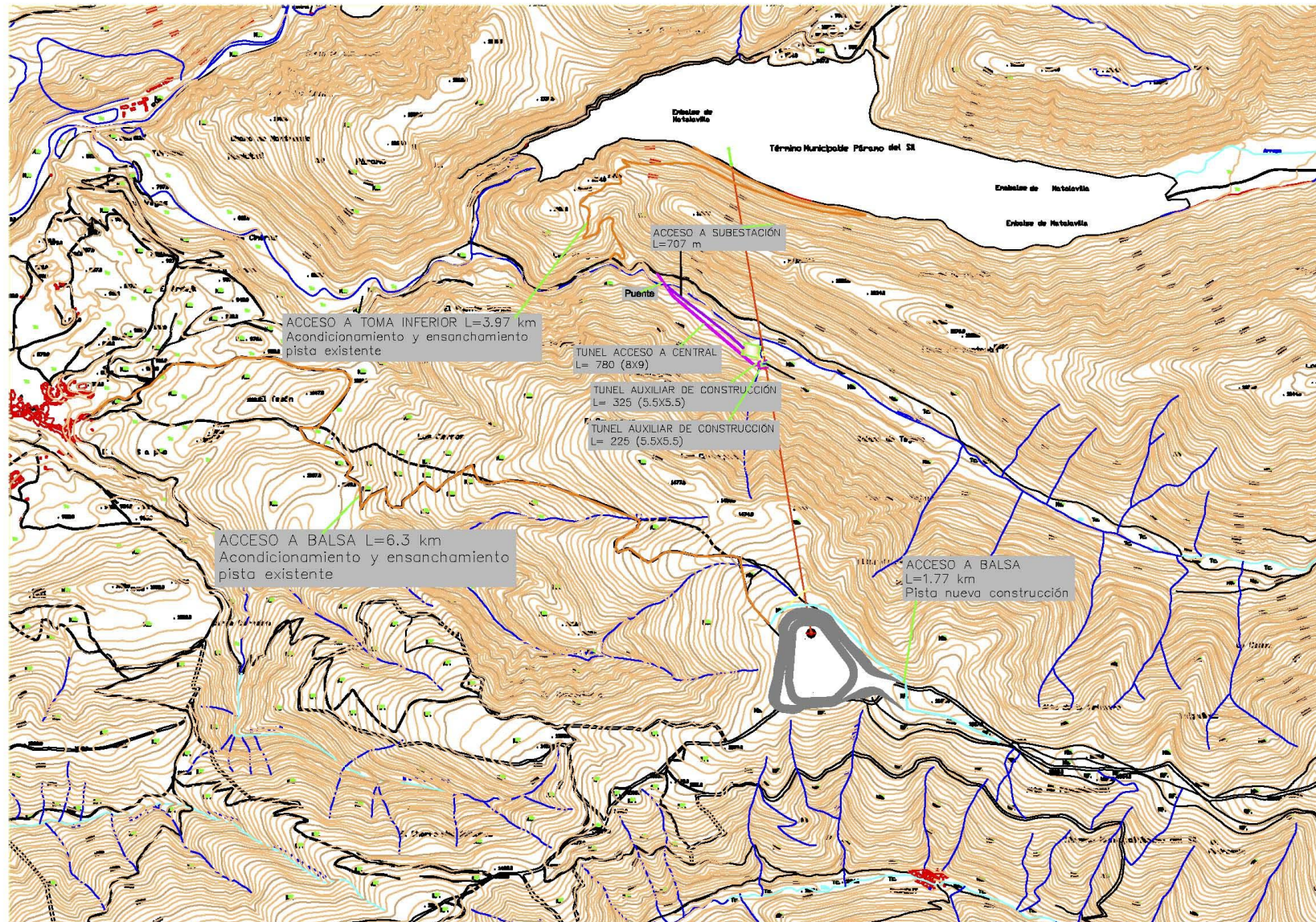


Figura 4. Esquema acceso



## 10. EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

Se dispondrán dos grupos reversibles de idénticas características que se citan a continuación:

- Salto bruto máximo.....698,5 m
- Salto bruto mínimo.....628,5 m
- Salto neto máximo.....685,8 m
- Caudal máximo turbinado..... 75 m<sup>3</sup>/s
- Potencia total instalada.....2x232 MW
- Red de evacuación de energía.....400 kV
- Potencia alternador..... 2 x 250 MVA
- Velocidad de sincronismo.....500 rpm
- N° de grupos:.....2 Francis verticales
- Caudal máximo unitario: .....37,5 m<sup>3</sup>/s
- Pérdidas en el circuito hidráulico a Q máximo:.....12,7 m

A continuación se describen las características principales de los equipos de generación y asociados.

### Turbinas – bombas y sistemas auxiliares

Se trata de dos (2) turbinas tipo Francis de eje vertical para 37,5 m<sup>3</sup>/s de caudal máximo y salto neto entre 685,8 m y 615,8 m, siendo el salto neto nominal a considerar de 663,3 m.

Cada conjunto turbina-bomba, básicamente constará de:

- Una tubería de unión entre el manguito o carrete de desmontaje de la válvula esférica y la cámara espiral.
- Una cámara espiral.
- Un distribuidor móvil con sus directrices (en acero inoxidable), cojinetes y casquillos de guía para los gorriones de los álabes directrices (casquillos auto-lubricados) y mecanismos de mando de los álabes directrices.
- Los servomotores de doble efecto, para accionamiento de los álabes del distribuidor.
- Un rodete FRANCIS, construido en acero inoxidable. Diámetro 4.227 mm
- Un juego de laberintos o estrechamientos de la rueda, en acero inoxidable.
- Una envolvente del rodete y del aspirador.
- Un cojinete guía.
- Un cojinete de carga combinado de guía y empuje (pivote).
- Un dispositivo de estanqueidad del eje de la turbina (junta plana).

- Un eje de la turbina.
- Un cono de aspiración en chapa de acero al carbono.
- Un blindaje del aspirador en chapa de acero inoxidable.
- Un conjunto de mando y regulación de la turbina, comprendiendo un regulador electrónico, un depósito de aceite, dos grupos moto-bombas (una principal y otra de reserva) del 100 %, filtro doble, etc.
- El aceite a presión para el distribuidor y la válvula esférica se suministrará desde el sistema oleo-hidráulico de regulación de la turbina-bomba.
- Todas las tuberías para el aceite y el agua (en acero inoxidable).
- Los pernos de empotramiento y de reglaje, etc.
- Equipo de engrase centralizado.
- Equipo de aireación.
- Un dispositivo de vigilancia de rotura de bieletas.
- Un dispositivo de vigilancia de desplazamiento y vibraciones del grupo.
- Un sistema de agua de refrigeración para la junta de estanqueidad y circuitos de aceite. El sistema incluirá bombas de alimentación, depósito, bombas de impulsión a los circuitos, filtros y válvulas, instrumentación de control y cuadro de mando local. Podrá ser común con el sistema de refrigeración de los generadores. No se efectuará toma desde la tubería a presión de alimentación a los grupos generadores.
- Sistema de desanegado/anegado del rodete, incluyendo tuberías, instrumentación, tanques de grupo, etc.
- Sistema de aire comprimido común a los dos grupos, incluyendo los tanques.
- Sistema de control e inyección de aceite del pivote.
- Sistema de agua de refrigeración general.
- Tubería de vaciado del cono de aspiración con válvula cuyo desagüe estará situado fuera del pozo colector.
- Sistema de eliminación de aceite en la descarga de agua al río.

#### Sistema de vaciado de la tubería forzada y tubo de aspiración

- Válvula de accionamiento manual, con indicación de posición, diseñada para la presión de la tubería forzada.
- Válvula de accionamiento manual, con indicación de posición, diseñada para la presión de la toma/desagüe inferior.
- Tuberías hasta la galería de drenaje.

#### Válvula de guarda, by-pass y tuberías principales

- Una válvula de protección tipo esférica para cada turbina-bomba, de accionamiento hidráulico, capaz de cortar (mediante el cierre aguas abajo) el caudal de escape libre, con sus bridas de acoplamiento, juntas y tornillería para su unión a la tubería forzada.
- Tubería de acero al carbono de longitud suficiente para acoplar la válvula esférica a la cámara espiral de cada turbina bomba.
- By-pass de la válvula esférica, con su válvula de accionamiento automático y dos válvulas de aislamiento manuales.
- El sistema de aceite a presión para los servomotores de la válvula esférica y by-pass desde el tanque de aceite común sistema de aceite de regulación de la turbina.

#### Válvula/Compuerta de aislamiento toma/desagüe inferior

- Dos compuertas tipo vagón, de 4,5 x 4,5 m, colocadas en serie en cada conducto de toma/desagüe inferior, con sus elementos de anclaje, guías, accionamientos, contactos de fin de carrera y transmisores de posición

#### Alternadores – motores y sistemas auxiliares

Los componentes de cada alternador - motor:

- Alternador - motor, síncrono, trifásico, de eje vertical, con refrigeración por aire en circuito cerrado con intercambiadores aire-agua, excitación estática, con doble sentido de giro. Se acoplarán a las turbinas indicadas en el apartado “Turbinas-Bombas”.
- Bancada y elementos de anclaje del alternador- motor.
- Eje intermedio
- Plato de acoplamiento con la turbina - bomba.
- Cojinetes con sus crucetas. Estos deberán soportar además de los esfuerzos que provoque el propio alternador, los esfuerzos hidráulicos aportados por la turbina.
- Equipo de lubricación forzada con la función de engrase y refrigeración para los cojinetes y sistema de extracción de vapores de aceite.
- Sistema de frenado y elevación.
- Sistema de detección de velocidad y el relé centrífugo de detección de embalamiento.
- Un sistema de excitación estática y regulación de tensión.
- Centro de control de motores para auxiliares eléctricos de turbina-alternador y auxiliares. Incluyendo básicamente:
  - Sistema de protección de tensión en el eje.
  - Sondas PT-100 en los devanados, paquete magnético, cojinetes, aire y agua.
  - Termómetros con contactos de alarma y disparo en cada cojinete.
  - Refrigeración con intercambiadores aire-agua.

- Sistema de puesta a tierra del neutro limitador de la corriente a tierra formado por transformador y resistencia.
- Transformadores de intensidad y tensión para protecciones y medida.
- Sistema de extinción de incendios.

## **11. TRANSFORMACIÓN DE POTENCIA Y ESTACIÓN EXTERIOR**

La elevación de la tensión de generación hasta el nivel de la tensión de transporte se efectúa mediante 2 transformadores de potencia trifásicos acorazados, de tres devanados, 410/15/15 kV, en baño de aceite, para instalar en exterior sobre bancada, refrigeración natural y forzada, provistos de sendos reguladores en carga. El terciario de 15 kV se utilizará para alimentar los servicios auxiliares de la central, de potencia nominal 250/250/15 MVA, grupo de conexión YNd11-Yd11. Neutro lado 400 kV unido rígidamente a tierra.

Las uniones de los transformadores con el nivel de tensión de 15 kV se realizan mediante barras de fase aislada.

Sus dimensiones serán de 8,6 m de largo por 3,3 m de ancho y una altura de 4,1 m. El peso total será de 164 Tn.

La subestación de transporte será de tipo AIS, situada en el exterior, sobre una plataforma rectangular de 70 x 105 m emplazada a la cota 960 msnm en el margen izquierdo del río Salentinos. Tendrá una configuración eléctrica de simple barra y estará compuesta por las siguientes celdas:

- Dos (2) posiciones de transformador
- Una (1) posición de línea

Los principales componentes son:

- Seccionador de barras
- Puesta a tierra
- Interruptor
- Transformadores de intensidad
- Transformadores de tensión

## 12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATISMOS

Las características básicas de la aparamenta 400 kV y 15 kV de la CH Matalavilla se describen en los siguientes planos que figuran en el documento número 2.

- Esquema unifilar simplificado.
- Plano de disposición física. En él se representa a escala y de forma esquemática la disposición de la subestación de 400 kV, las barras de fase aislada, desde el generador hasta el transformador principal de grupo, 400/15 kV, incluyendo el interruptor principal, inversores y cabinas de maniobra de 15 kV.

Las posiciones de maniobra de la S.E. 400 kV, construidas con tecnología AIS, estarán situadas en el exterior. El enlace entre los bornes de AT de los transformadores principales y las posiciones de interruptor 400 kV se realizarán mediante líneas aéreas, igual que la posición de salida de la línea de evacuación, sobre los conductores de la línea que se amarrarán en un pórtico adosado lateralmente al recinto de la S.E.

En el esquema unifilar simplificado se representa el conexionado de la aparamenta entre cada generador y el transformador de grupo elevador de tensión, formación del neutro de máquina, conjunto inversores, interruptor principal. así como las conexiones entre la aparamenta 15 kV de ambos grupos con el convertidor estático de frecuencia (SFC), común a ambos grupos, con los devanados terciarios de los transformadores de grupo y con la red exterior de apoyo.

### 12.1. Niveles de tensión

Las tensiones nominales normalizadas según el Reglamento de Centrales Eléctricas, (RCE) dentro del rango de aplicación de estas especificaciones son las que se indican a continuación. No obstante, existiendo en el territorio de implantación del proyecto y en las especificaciones de los equipos principales de los suministradores otras tensiones nominales diferentes, se aplican las que sean más adecuadas en cada caso:

#### Nivel de 400kV

Condicionado por la entrega de la energía generada hasta la subestación de transporte perteneciente a REE se hará la interconexión mediante una línea de transporte de 400 kV.

Dentro del sistema de 400 kV se pueden diferenciar:



- Línea aérea de 400 kV que interconexión entre la S.E. de generación de la central con la S.E. de transporte perteneciente a REE.
- Subestación de generación de 400 kV en configuración AIS.
- Transformadores de potencia 400/15/15 kV

#### Nivel de 15kV

Condicionado por el nivel de tensión de los generadores síncronos, previsto a 15 kV, desde el que se alimentarán los transformadores principales y los transformadores de servicios auxiliares 15/0,4 kV. La función de estos transformadores es adaptar la tensión hasta el nivel de utilización de los consumidores: excitación de los alternadores, bombas auxiliares de los grupos, cargador-baterías, tomas de fuerza, alumbrado general, alumbrado de socorro, alimentación agua refrigeración, sistemas de seguridad anti-intrusismo y anti-incendios, sistemas de ventilación y aire acondicionado, puentes-grúa, control y protección, etc.

La puesta a tierra del neutro de los generadores está prevista a través de una impedancia limitadora de la corriente de defecto a tierra. La alimentación del nivel de tensión desde el terciario en conexión triángulo de los transformadores principales, carece de puesta a tierra.

Adicionalmente a las alimentaciones desde los grupos, también está prevista una línea de reserva externa a la central, que suministrará a la tensión de 15 kV.

Los niveles de tensión y de aislamiento, para la instalación de alta tensión se elegirán entre los siguientes:

Nivel de tensión	kV	kV
Tensión nominal de la red	15	400
Tensión más elevada para el material, $U_m$	17.5	420
Tensión soportada a impulsos tipo maniobra		1050
Tensión soportada corta duración 50 Hz	38	630
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	75	1425

*Tabla 1. Niveles de tensión y de aislamiento para instalaciones de alta tensión*

Tomando como referencia el RCE, en 400 kV, las distancias fase-tierra mínimas entre conductores paralelos, correspondientes al aislamiento a la altitud de la instalación menor de 1000 m, es de 4,3 m y entre punta conductor de 5,2 m, para la tensión soportada nominal a los impulsos tipo maniobra de 1175 kVp (Valor cresta).

#### Nivel de 400 V c.a. Neutro no distribuido

Para distribución de Servicios Auxiliares a los consumidores de procesos que requieren este nivel de tensión, el régimen del neutro será IT. (Consumidores de proceso tipo CBT y CCM).

También será la tensión de alimentación desde el grupo de SSAA de emergencia.

#### Nivel de 400/230 V c.a. Neutro distribuido

Para distribución de Servicios Auxiliares a los consumidores de procesos que requieren este nivel de tensión, el régimen del neutro será TT. (Alumbrado y caldeos).

#### Nivel 125 V c.c.

Para distribución de Servicios Auxiliares a los consumidores de procesos que deben funcionar en condiciones de seguridad o emergencia. (Control principal, protecciones, bombas de lubricación de cojinetes, etc.).

#### Nivel 24V c.c.

Para distribución de Servicios Auxiliares a los consumidores de procesos muy específicos que deben funcionar en condiciones de seguridad o emergencia (Vigilancia, comunicaciones, etc.).

## **12.2. Configuración del sistema eléctrico**

El sistema eléctrico se considera formado por los siguientes bloques:

- Sistema 400 kV
- Generadores y sistema principal de generación de 15 kV
- Sistema auxiliar 15 kV
- Servicios auxiliares
- Sistema de control

### **12.2.1. Sistema 400 kV**

Incluye la línea de 400 kV, la subestación de generación de 400 kV y los transformadores.

Estos elementos se describen en los apartados 10 y 12 de esta memoria.

### **12.2.2. Generadores y sistema principal de generación de 15 kV**

#### Generadores

Los grupos principales serán síncronos a una tensión de generación de 15 kV $\pm$ 5% y dimensionados de modo que su capacidad a un factor de potencia de 0,85 sea superior a la máxima potencia generada por la turbina.

El neutro del generador estará puesto a tierra mediante transformador de potencia, monofásico y resistencia de carga para limitar la intensidad de falta a 5A.

El sistema de excitación será estático y de regulación de tensión redundante por grupo, de doble regulador automático-manual, con función de seguimiento (follow up)

para conmutación suave entre canales, asociados a un sistema de potencia formado por puentes de tiristores independientes con redundancia N-1, totalmente controlados con servicio ondulador, e interruptor de campo (nunca contactor) con doble bobina de disparo, sistema de desexcitación rápida y protección contra sobretensiones y tierra en el rotor. Adicionalmente el sistema de excitación permitirá mediante una alimentación adicional, proveniente de barras de 400 V alimentadas por un grupo electrógeno, el arranque del grupo ante ausencia de tensión en la red de 400 kV

#### Sistema principal de generación de 15 kV

El sistema principal de generación de 15 kV estará compuesto por dos equipamientos principales de 15 kV de unión del alternador/motor con el transformador principal, que incorporan el interruptor principal de grupo, los seccionadores de maniobra y los transformadores de medida y protección y un sistema de arranque controlado por convertidor de frecuencia (SFC).

Básicamente, el sistema se compone de los siguientes elementos principales:

#### Cabinas de generación

- Inversor y seccionador de by-pass
- Interruptor de grupo
- Seccionadores para alimentación desde el grupo vecino, al sistema Espalda - Espalda
- Medidas

#### Barras de fase aislada

- Formación del neutro
- Alimentación del transformador de excitación
- Alimentación desde el SFC

Se dispondrán barras de fase aislada para las conexiones desde salida de generadores a interruptores de generador y de estos a los seccionadores de inversión de giro y frenado y barras de salida desde estos hasta las bornas de los transformadores principales.

Se dispondrán además barras de derivación a los transformadores de excitación y a los seccionadores para el arranque desde arrancador estático (SFC).

Se incluirá el equipamiento para realizar secuencia de arranque espalda-espalda entre ambos generadores G1 y G2.

### Convertidor estático de frecuencia (SFC)

Se empleará un equipo estático de variación de frecuencia (SFC) para el arranque de los dos grupos como bomba. Para el dimensionamiento del mismo se tendrá en cuenta que la planta incluirá un sistema de desanegado. El arrancador se alimentará desde las barras de 15 kV de servicios auxiliares de la central. El variador incluirá, al menos los siguientes equipos y componentes:

- Transformador trifásico de alimentación/aislamiento.
- Filtrado en la alimentación para limitar nivel de armónicos.
- Puente rectificador controlado.
- Bobina de filtrado (alisamiento).
- Inversor de frecuencia variable.
- Aparamenta de seccionamiento de entrada/salida: Interruptor automático / seccionador en carga y fusibles.
- Módulos de control, señalización, medida y protecciones con integración de la monitorización y mando sobre el SCD.
- Transformadores de medida y protección.

### **12.2.3. Sistema auxiliar de 15 kV**

#### Aparamenta

El sistema auxiliar de 15 kV estará compuesto por un (1) equipamiento auxiliar de celdas de 15 kV formado por:

- Dos (2) posiciones de alimentación del secundario del transformador principal
- Dos (2) posiciones para acoplamiento de barras
- Una (1) posición para alimentación de línea exterior
- Dos (2) posiciones para líneas de reserva
- Dos (2) posiciones para transformador de servicios auxiliares
- Dos (2) posiciones para salida al convertidor de frecuencia (SFC)

#### Línea de alimentación exterior 15 kV

Se prevé una línea de alimentación exterior de 15 kV. Se considera que la acometida en alta que se instale en fase de obra pueda pasar a ser una línea auxiliar definitiva. Estará formada por cables unipolares enterrados de designación RHZ1 y tensión nominal 12/20 kV, con aislamiento XLPE, que conectará con la estación transformadora más próxima.

#### **12.2.4. Servicios auxiliares**

Se dispondrá de dos alimentaciones en MT, procedentes de dos celdas de 15 kV para otros tantos transformadores de servicios auxiliares que alimentarán el circuito principal de c.a., y además una tercera alimentación procedente de un grupo electrógeno de 600 kW.

Se dispondrá de un cuadro general de c.a. a instalar en la salida de SS.AA., con una barra simple con dos particiones acopladas, que permite establecer 3 sectores independientes, el central para el grupo de emergencia, en caso de falta de tensión. En caso de pérdida de una de las dos alimentaciones, las barras pueden ser acopladas.

Los servicios auxiliares de cada conjunto turbina-bomba, contemplarán, como mínimo el suministro de energía para:

- Sistema de aceite de regulación
- Lubricación y refrigeración de cojinetes
- Sistema de control e inyección de aceite del pivote.
- Sistema de sellado del eje
- Sistema de agua de refrigeración si fuera necesario, para la junta de estanqueidad y circuitos de aceite.
- Sistema de aire comprimido común a los dos grupos, incluyendo los tanques.
- Sistema de desanegado/anegado del rodete, incluyendo tuberías, instrumentación, tanques de grupo, etc. (Una unidad común de compresores de aire)
- Instrumentación
- Sistema de agua de refrigeración general.
- Sistema de protección contra la corrosión y las pinturas de acabado.
- Sistema de eliminación de aceite en la descarga de agua al río.
- Sistema de vaciado de la tubería forzada y tubo de aspiración
- Sistema de accionamiento de válvula de guarda, by-pass
- Sistema de accionamiento de válvula/Compuerta de aislamiento toma desagüe

#### Cuadro general de 400 Vc.a. Neutro no distribuido

El cuadro general de c.a. de servicios auxiliares se instalará en un módulo independiente de otros cuadros en la sala de SS.AA. Alimentará a los consumidores de procesos que requieren este nivel de tensión, neutro IT. (Consumidores de proceso tipo CBT y CCM). Este cuadro también suministra la tensión de alimentación desde el grupo de SSAA de emergencia



El cuadro estará alimentado desde las 3 fuentes arriba mencionadas. El embarrado del cuadro estará constituido por 3 barras de fase + 1 barra de neutro en cada uno de los 3 sectores en que está dividido, estando las barras enlazadas por medio de interruptor automático.

En caso de pérdida de fuentes, las alimentaciones principales pueden ser acopladas.

La conmutación de fuentes será automática utilizando interruptores motorizados.

Responderán a cabinas metálicas compartimentadas modulares, con cubículos extraíbles, destinadas a motores y alimentaciones diversas correspondientes al Proceso.

Los sectores de barras alimentarán los siguientes servicios:

- Sector alimentado desde TR1 de SS.AA: Consumidores de proceso del Grupo 1,  $P \geq 75$  kW, Tipo CBT, y  $P \leq 75$  kW, Tipo CCM
- Sector alimentado desde TR2 de SS.AA: Consumidores de proceso del Grupo 2,  $P \geq 75$  kW, Tipo CBT, y  $P \leq 75$  kW, Tipo CCM
- Sector alimentado desde el grupo de emergencia: Consumidores de proceso comunes,  
 $P \geq 75$  kW, Tipo CBT, y  $P \leq 75$  kW, Tipo CCM

#### Cuadro general de 400/230 V. Neutro distribuido

El cuadro general de c.a. de servicios auxiliares se instalará en un módulo independiente de otros cuadros en la sala de SS.AA. Alimentará a los consumidores de procesos que requieren este nivel de tensión, neutro TT. (Alumbrado y caldeos).

El cuadro estará alimentado desde el Cuadro general de 400 Vc.a. Neutro no distribuido, a través transformadores 400/400 V, primario en triángulo y con neutro del secundario puesto a tierra directamente para formar la distribución TT. El embarrado del cuadro estará constituido por 2 barras de fase + 1 barra de neutro en cada uno de los 2 sectores en que está dividido, estando las barras enlazadas por medio de un interruptor automático.

#### Servicios auxiliares de 125 V c.c.

Para el nivel de tensión principal de corriente continua (125V) que se requiera en la Central, la instalación de la central y de la SE dispone de dos equipos iguales y físicamente separados de fuente conmutada 125 Vcc, de Ni-Cd, con característica de tensión constante e intensidad limitada y con una capacidad tal que pueda asegurar el consumo de la instalación en un período de hasta 5 horas desde que se produzca el fallo en los servicios de alterna y soporten la intensidad permanente y de punta del sistema. Ambos polos estarán aislados de tierra.

Constarán de:

- Baterías estacionarias.
- Transformador trifásico de aislamiento, para alimentación del rectificador.
- Rectificador-Cargador y convertidores de cc/cc para tensiones secundarias.
- Cuadros de Distribución.

Los Cuadros Generales de corriente continua y UPS, serán con dos barras independientes de 125 Vcc desde las que se distribuirán los servicios de control y fuerza. Irán ubicados en la sala de SS.AA del edificio de la central.

En condiciones normales de funcionamiento, cada unidad estará asociada a un cargador batería, pero en condiciones excepcionales, ambas unidades podrán alimentarse desde un único cargador, cualquiera de los dos.

Cada UPS conmuta a cada una de las dos barras de 125 Vcc. Adicionalmente a las dos UPS, se ha previsto mediante con transformador reductor, un enlace entre las barras B1 de 400 V y las barras D de 230 Vca. Desde estas barras D cuelga una unidad rectificadora a 125 Vcc con conexión a las dos barras 125 Vcc del Cuadro General de c.c.

También existirán dos equipos rectificador-batería de 24 Vcc, de Ni-Cd, con característica de tensión constante e intensidad limitada, que tendrán posibilidad de acoplamiento y con una capacidad tal que pueda asegurar el consumo de la instalación en un período de 4 horas desde que se produzca el fallo en los servicios de alterna y soporten la intensidad permanente y de punta del sistema. El polo positivo estará puesto a tierra.

Se preverán los siguientes sistemas de corriente continua:

- Motores de emergencia
- Control
- Sistemas de alimentación ininterrumpida
- Maniobra de cabinas de M.T. y B.T
- Equipos de Tensión Segura
- Convertidores 125V/24V
- Control y Mando de los elementos y órganos de conexión de potencia y el sistema de protecciones eléctricas.
- Todo el sistema de convertidores de medida y equipos de teletransmisión.
- Los equipos y motores de emergencia del proceso que no puedan quedar sin tensión más de 10 s.

El sistema de 125 Vcc tendrá un margen admisible de funcionamiento de 125 Vcc +10% - 15% en terminales de la batería y 125 Vcc +10% - 18% en terminales de las cargas a alimentar.

El sistema estará aislado de tierra y cada conjunto dispondrá de un localizador de defectos a tierra que permita definir automáticamente cual es la salida en falta incluso en el caso de tener consumidores alimentados desde las dos barras. Se dará asimismo señal de alarma. El equipo de localización de defectos se instalará en el Cuadro de la Distribución.

#### Servicios auxiliares de 24 V c.c.

El Sistema estará compuesto por los siguientes equipos principales:

- Dos Convertidores de corriente continua 125/24 Vcc iguales y redundantes.
- Un Cuadro de distribución de 24 Vcc

Cada convertidor se alimentará de un Cuadro de distribución diferente de corriente continua a 125 Vcc.

Se incluirán diodos anti-retorno a la salida de ambos convertidores para impedir que uno de ellos pueda cargar al otro.

Los dos convertidores se conectarán sobre las mismas barras del Cuadro de distribución a 24 Vcc.

El polo negativo del sistema de 24 V c.c. se pondrá sólidamente a tierra en la barra del Cuadro de Distribución.

Los convertidores serán dimensionados para dar como máximo una variación de la tensión de salida de 24 Vcc +10% - 15% para cualquier carga entre vacío y la nominal. Este requisito se cumplirá para cualquier tensión de alimentación a los convertidores comprendida en el margen 125 Vcc + 10% -18%.

#### Equipamiento de tensión segura

Formado por un equipo de 230 Vca 50 Hz para el 100% de las cargas, incluyendo:

- Inversor/Ondulador
- Transformador de by-pass
- Conmutador estático de transferencia de fuentes
- Conmutación automática a by-pass por fallo del conmutador estático
- By-pass manual
- Cuadro de distribución, interconectado con el del otro SAI.
- La alimentación de corriente continua al equipo se hará desde cada uno de los equipos (distribución) de corriente continua del punto anterior. No tendrán baterías propias.

#### **12.2.5. Sistema de control**

Se dispondrá sistemas redundantes del sistema de Control, gobernados desde una Unidad Central (UCS) con la funcionalidad incorporada de remota de telecontrol.

El sistema de control de los automatismos de grupo realizan las siguientes operaciones principales (para cada grupo generador):

- Secuencias de automatismos
- Lógicas de funcionamiento
- Adquisición de datos, alarmas, telemedidas, telecontaje,
- Ejecución de mandos
- Tratamiento de señales
- Comunicaciones con otros cuadros de control de grupos
- Comunicaciones con el Cuadro de Control General de la Central de Matalavilla para conexión al Centro de Control de Explotación, con protocolo de comunicaciones perfil La Propiedad
- Registro cronológico de señales
- Registro histórico de eventos

Para cada grupo se suministrarán el siguiente equipamiento de mando y control:

- Los servomotores para accionamiento de los álabes directrices.
- Las tuberías de unión entre la estación de aceite a presión y los servomotores.
- Contactos de fin de carrera y transmisores de posición.
- Electroválvulas de mando y control.
- Detector de velocidad para sincronización y regulación de carga.
- Dispositivo electro-mecánico de disparo por sobrevelocidad.
- Detectores para realizar los ensayos de rendimiento.
- Cuadros locales de reagrupamiento de señales, regulación, válvulas, etc. De las turbinas – bombas y de excitación y auxiliares de los alternadores - motores.
- Cables eléctricos entre los elementos de control y cuadros de control.

El mando y control de la Central y de la Subestación Transformadora, así como de los equipos de protección y automatismo, se instalarán en bastidores ubicados en la sala de control del edificio de la central. El mando y control será de tipo digital y estará constituido por:

- Una unidad de Control de Subestaciones
- Una Unidad de Control de la Central
- Una unidad de Control Local (UCL) para cada posición de 400 kV y 15 kV.

Desde cada UCL se podrá controlar y actuar localmente sobre la posición asociada y desde la UCS se podrá controlar cualquiera de las posiciones, así como disponer de la información relativa a medidas, alarmas y estado del sistema en general.

El sistema deberá diseñarse para hacer posible la adquisición de todas las informaciones de campo, tanto analógicas como digitales, en sus tres vertientes, eléctricas, mecánicas e hidráulicas, tanto de la central como de la presa y su transmisión a la RTU para su retransmisión al Centro de Control de ENDESA y de REN con una periodicidad adecuada, no superior a los 4 seg, mediante los enlaces de comunicaciones definidos en su momento y que deberán constar de un mínimo de dos enlaces, uno por la FO de la línea de evacuación y otro por una conexión multicanal por microondas.

Las informaciones de campo deberán estar conexas a concentradores que a su vez enviarán las informaciones recibidas a la RTU mediante anillos de FO redundantes, que garantizarán la integridad de los datos y su transmisión en caso de fallo de una de las fibras o anillos.

El sistema deberá ser capaz de gestionar la operación de la Central tanto en local como en remoto mediante unos PLCs redundantes que podrán estar integrados en la RTU y disponer de una interface de control, mando y supervisión también redundante, con un SCADA adecuado para el arranque, acoplamiento y parada de los grupos, tanto en local como remoto, para la función de turbinación y bombeo, debiendo estar capacitado para poder dar tensión a la línea con un grupo en isla y cumplir la regulación automática de tensión y la regulación frecuencia potencia, a través de las adecuadas consignas.

Igualmente deberá estar capacitado para el arranque directo de un grupo a tensión reducida y por variación de frecuencia o por el sistema de espalda-espalda, de un grupo contra el otro, de forma automática tanto en local como remoto.

El enlace de comunicaciones entre las instalaciones conectadas a la red de transporte y los Centros de Control del operador del sistema, así como las características de éste y la información a transmitir responderá a lo solicitado en los procedimientos de operación en vigor.

En cuanto a los protocolos de comunicaciones y la frecuencia del intercambio de la información, serán establecidos de mutuo acuerdo entre el operador del sistema y los propietarios de las instalaciones.

A través del enlace se enviará la información que precisa el operador del sistema y el mercado de producción de energía eléctrica.



### **13. LÍNEA DE EVACUACIÓN DE ENERGIA**

La línea eléctrica, desde la subestación de la central hasta la subestación de Anllares, tendrá su origen en el parque exterior situado en una explanación a la cota 960 msnm sobre el margen izquierdo del río Salentinos y su final en la SE Anllares.

La línea será aérea y de simple circuito. La longitud aproximada será de 8.300 m. Su trazado se refleja en el plano correspondiente del documento número 2.

Los apoyos serán torres de celosía de acero galvanizado de unos 40-50 m de altura, todos ellos contruidos con perfiles angulares laminados y galvanizados que se unen entre sí por medio de tornillos, también galvanizados, material que presenta una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos.

La distancia entre las torres podrá alcanzar hasta los 500 m.


Las cimentaciones de los apoyos son del tipo patas separadas, formadas por cuatro bloques macizos de hormigón totalmente independientes. Estas cimentaciones tienen forma troncocónica con una base cilíndrica de 0,5 m de altura, en la que se apoya la pata, siendo las dimensiones del macizo función de las características del terreno y de las cargas transmitidas.

Los conductores están contruidos por cables trenzados de aluminio y acero y tienen unos 30 mm de diámetro. Para que estos permanezcan aislados y la distancia entre los mismos permanezca fija, se unen a los apoyos mediante cadenas de aisladores, que mantienen los conductores sujetos y alejados de la torre.

La línea dispondrá de un cable de tierra de menor sección (11 mm). Está situado en la parte superior de la instalación, a lo largo de toda su longitud, constituyendo una prolongación eléctrica de la puesta a tierra, de los apoyos, con el fin de proteger los conductores de las descargas atmosféricas.

El diseño y construcción de la línea seguirá las normas REE para este tipo de instalaciones.

No se incluyen planos de detalle de la línea de evacuación, tan solo se realiza un trazado en planta aproximado para dar una idea de la longitud de la línea a la hora de calcular el presupuesto final. En el proyecto constructivo se debería realizar un trazado detallado indicando la disposición de cada torre y sus diferentes tipologías en el caso que las haya.



# Anejo 7. Estudio de Producciones

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## *ÍNDICE*

1. INTRODUCCIÓN Y DATOS DE PARTIDA.....	2
2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO .....	2
3. HIPÓTESIS DE FUNCIONAMIENTO .....	2
4. RESULTADOS .....	3

## 1. INTRODUCCIÓN Y DATOS DE PARTIDA

Se ha realizado un estudio de la teórica producción de la central como turbina y del teórico consumo como bombeo.

Para ello se han utilizado los datos históricos del estado del embalse de Matalavilla, proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Miño - Sil, desde el año 1989 hasta 2010, suponiendo una serie de datos de 22 años completos.

## 2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Las principales hipótesis de cálculo que se han utilizado son:

Embalse superior

- Cota máxima: 1608,5 msnm
- Cota mínima: 1588,5 msnm
- Cota media de cálculo: 1598,5 msnm

Datos en turbinado

- Caudal turbina: 75 m<sup>3</sup>/s
- Pérdida de carga en turbinado: 12,7 m
- Rendimiento turbina – alternador: 0,91
- Horas/día turbinado: 10 h

Datos en bombeo

- Caudal bombeado: 53,6 m<sup>3</sup>/s
- Pérdida de carga en bombeo: 6,1 m
- Rendimiento bomba – motor: 0,86
- Horas/día bombeo: 14 h

## 3. HIPÓTESIS DE FUNCIONAMIENTO

Se ha supuesto que solo se arranca la central los cinco días laborables de la semana, sin considerar los días festivos, es decir:

- Total horas de turbinado/año:  $(365-52*2)*10 = 2610$  horas
- Total horas de bombeo/año:  $(365-52*2)*14 = 3654$  horas

## 4. RESULTADOS

A partir de estas hipótesis de cálculo y de funcionamiento, los resultados del cálculo se resumen, anualmente y en promedio, en la siguiente tabla:

Año	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/año
1989	1.145	1.505
1990	1.156	1.519
1991	1.139	1.497
1992	1.143	1.503
1993	1.132	1.489
1994	1.135	1.492
1995	1.140	1.499
1996	1.143	1.503
1997	1.139	1.498
1998	1.140	1.498
1999	1.135	1.493
2000	1.134	1.491
2001	1.136	1.493
2002	1.132	1.489
2003	1.134	1.491
2004	1.135	1.493
2005	1.141	1.500
2006	1.123	1.476
2007	1.137	1.495
2008	1.136	1.493
2009	1.126	1.481
2010	1.123	1.476
<b>Promedio</b>	<b>1.136</b>	<b>1.494</b>



Los datos, resumidos, son:

- Producción de la central: 1.136 GWh/año
- Consumo de la central: 1.494 GWh/año

Los cálculos realizados proporcionan el potencial teórico de la explotación, en base a las oscilaciones diarias del embalse de Matalavilla durante el período 1989 – 2010. En la práctica la instalación funcionará cuando la demanda lo aconseje, por lo que este potencial teórico se verá reducido sensiblemente. De acuerdo con el grado de utilización de otras reversibles, sería razonable aplicar a los resultados obtenidos un coeficiente de reducción del 65%, lo que nos supondrá:

- Producción de la central: 738 GWh/año
- Consumo de la central: 971 GWh/año

La relación consumo / producción resultante es de 0,76, valor habitual en este tipo de aprovechamientos.

**APÉNDICE 1**

Datos mensuales de la serie considerada, a final de mes, así como el resumen de los cálculos efectuados.

Anejo 7. Estudio de Producciones

Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
ene/1989	910,0	11,0	9,9	99	129	448	420
feb/1989	919,8	9,7	2,8	90	118	449	421
mar/1989	934,9	49,8	34,0	100	132	437	410
abr/1989	943,4	47,5	36,5	87	114	434	407
may/1989	943,8	52,1	50,2	99	130	431	405
jun/1989	941,3	26,4	29,7	95	124	430	404
jul/1989	927,6	16,8	32,3	91	120	436	409
ago/1989	910,4	5,9	18,5	103	135	446	419
sep/1989	915,8	3,7	1,2	95	124	451	423
oct/1989	922,1	3,6	0,0	98	129	447	419
nov/1989	930,6	21,9	13,9	97	127	440	414
dic/1989	934,0	64,5	60,8	92	121	437	410
ene/1990	926,2	60,6	67,5	101	133	440	413
feb/1990	940,1	46,6	30,8	87	115	437	410
mar/1990	930,9	29,2	39,8	96	126	435	408
abr/1990	933,8	26,0	21,9	92	121	438	411
may/1990	932,4	27,5	28,3	100	132	436	409
jun/1990	913,0	12,4	28,2	93	122	442	415
jul/1990	913,9	4,2	4,4	99	130	449	421
ago/1990	914,0	2,0	3,4	104	136	451	423
sep/1990	907,9	1,8	6,8	90	118	449	421
oct/1990	920,9	12,2	1,8	105	137	455	427
nov/1990	931,3	31,7	21,6	96	126	437	410
dic/1990	920,8	33,9	42,6	93	123	445	418
ene/1991	933,6	75,4	60,5	100	132	436	410
feb/1991	924,7	41,3	45,2	88	115	439	412
mar/1991	945,4	60,4	32,6	91	120	434	407
abr/1991	944,3	56,0	52,7	94	124	429	404
may/1991	942,7	55,0	53,8	99	130	429	403
jun/1991	941,3	39,4	37,6	86	113	431	405

Anejo 7. Estudio de Producciones

Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
jul/1991	932,6	14,9	22,2	100	132	435	409
ago/1991	915,7	7,8	19,9	97	128	443	415
sep/1991	922,0	3,9	0,0	94	123	447	419
oct/1991	937,2	16,1	0,0	101	133	439	412
nov/1991	934,2	46,4	49,7	91	120	435	409
dic/1991	928,0	50,7	51,8	97	127	439	412
ene/1992	927,5	18,7	19,4	101	133	441	414
feb/1992	929,3	13,1	10,7	88	115	439	413
mar/1992	931,7	11,8	8,4	97	127	439	412
abr/1992	947,0	43,4	22,9	95	125	434	407
may/1992	948,2	48,7	45,7	90	118	427	402
jun/1992	948,5	32,2	31,1	94	124	428	402
jul/1992	935,5	22,9	39,4	99	130	431	405
ago/1992	909,9	11,4	32,3	93	122	443	416
sep/1992	923,0	8,7	0,0	98	129	448	420
oct/1992	937,2	17,9	3,1	97	127	439	412
nov/1992	938,0	41,1	38,1	91	120	434	408
dic/1992	937,6	64,3	63,6	100	131	433	407
ene/1993	933,0	48,5	52,1	91	120	435	409
feb/1993	930,3	17,3	20,4	88	115	438	411
mar/1993	934,6	32,3	24,9	101	133	440	413
abr/1993	942,1	32,8	20,8	95	125	433	407
may/1993	948,6	49,0	39,7	90	118	429	403
jun/1993	946,1	48,5	51,2	94	124	428	402
jul/1993	946,2	21,5	19,9	94	124	429	403
ago/1993	942,5	9,6	13,8	94	124	429	403
sep/1993	920,1	18,3	41,3	97	127	439	412
oct/1993	941,1	59,7	36,3	91	120	434	408
nov/1993	933,5	48,5	56,9	96	126	435	408
dic/1993	934,3	45,7	43,0	101	132	437	411
ene/1994	951,7	55,9	35,8	90	118	427	401
feb/1994	942,8	47,1	61,4	86	113	428	402
mar/1994	941,6	58,9	61,2	99	130	430	404
abr/1994	935,9	40,8	48,0	91	120	433	407
may/1994	943,0	32,7	24,2	95	125	433	407
jun/1994	937,4	22,1	30,2	95	125	432	406
jul/1994	912,2	10,0	33,4	93	122	442	415

# Anejo 7. Estudio de Producciones

Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
ago/1994	915,9	2,2	1,7	104	136	450	422
sep/1994	924,3	5,2	0,3	98	129	446	419
oct/1994	930,2	14,1	4,7	93	122	442	415
nov/1994	934,5	31,2	25,0	96	126	436	410
dic/1994	936,4	26,0	23,3	96	126	436	409
ene/1995	945,3	66,0	53,1	95	125	431	405
feb/1995	942,5	60,5	64,7	86	113	430	404
mar/1995	941,6	66,8	66,6	99	130	430	404
abr/1995	938,8	37,1	39,3	86	114	432	406
may/1995	933,2	21,9	28,3	100	132	435	409
jun/1995	917,4	12,9	26,3	97	128	442	415
jul/1995	911,5	9,7	14,9	95	124	450	422
ago/1995	916,9	3,2	0,0	103	136	450	422
sep/1995	927,8	9,5	0,4	93	123	445	417
oct/1995	926,6	7,9	8,9	97	127	440	413
nov/1995	930,2	32,6	28,6	97	127	440	413
dic/1995	938,8	60,8	50,6	92	121	437	410
ene/1996	933,0	83,7	90,7	100	132	435	408
feb/1996	936,4	65,4	61,0	91	120	435	409
mar/1996	941,1	56,7	50,4	91	120	434	408
abr/1996	947,7	53,9	44,0	94	124	428	402
may/1996	951,9	43,5	36,8	98	129	426	401
jun/1996	943,0	26,7	40,7	85	112	427	401
jul/1996	924,6	17,0	38,4	101	132	437	411
ago/1996	926,3	2,2	0,7	97	128	442	415
sep/1996	920,8	10,0	14,5	93	122	442	415
oct/1996	912,1	10,8	16,3	103	135	448	421
nov/1996	933,3	35,6	15,9	94	123	447	420
dic/1996	939,0	66,0	57,4	96	126	435	408
ene/1997	933,3	58,3	64,9	100	131	435	408
feb/1997	940,8	48,5	39,0	87	114	434	408
mar/1997	937,2	36,9	41,1	91	119	432	406
abr/1997	932,8	12,1	17,8	96	126	437	410
may/1997	939,7	20,1	11,5	96	126	435	409
jun/1997	941,6	36,9	34,3	91	119	431	405
jul/1997	932,7	17,9	29,2	100	131	434	408
ago/1997	935,4	7,6	4,4	92	121	438	412



Anejo 7. Estudio de Producciones

Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
sep/1997	929,6	7,3	14,5	96	126	436	409
oct/1997	920,6	13,4	20,9	102	135	445	418
nov/1997	930,6	51,8	42,5	88	116	442	415
dic/1997	938,0	72,5	63,5	100	132	436	410
ene/1998	938,9	65,2	63,8	95	125	431	405
feb/1998	936,6	37,1	40,1	87	114	434	407
mar/1998	932,9	21,8	26,0	96	126	436	409
abr/1998	941,8	61,8	50,8	95	126	434	408
may/1998	944,1	62,8	59,5	90	118	428	402
jun/1998	937,3	38,4	47,7	95	125	433	407
jul/1998	935,1	8,0	11,3	100	131	434	408
ago/1998	933,7	2,7	4,4	92	120	436	410
sep/1998	927,8	8,6	15,1	96	127	439	412
oct/1998	921,7	23,1	26,3	97	128	443	416
nov/1998	917,4	12,5	18,0	94	124	448	420
dic/1998	926,5	23,6	15,6	102	134	444	416
ene/1999	930,7	27,4	20,5	92	121	440	413
feb/1999	928,1	29,3	28,6	88	116	440	413
mar/1999	936,3	48,5	37,6	101	132	437	411
abr/1999	939,3	47,4	43,3	95	126	434	408
may/1999	946,7	43,5	32,7	90	119	431	405
jun/1999	946,6	14,9	15,6	94	124	427	401
jul/1999	938,6	11,2	22,6	95	125	430	404
ago/1999	933,3	7,1	12,7	96	126	436	410
sep/1999	930,6	13,2	16,3	97	127	439	412
oct/1999	940,5	35,1	22,9	92	121	439	412
nov/1999	938,3	51,3	54,2	95	125	433	407
dic/1999	939,4	56,1	54,2	100	131	434	408
ene/2000	929,6	55,9	66,5	92	121	437	410
feb/2000	932,5	20,9	17,2	92	121	438	412
mar/2000	931,3	15,4	16,3	101	132	438	411
abr/2000	942,5	47,1	33,0	87	115	436	409
may/2000	938,1	62,3	68,5	99	130	431	405
jun/2000	932,3	27,3	34,4	96	126	435	408
jul/2000	929,9	0,8	4,5	92	121	438	412
ago/2000	931,7	3,1	1,3	101	133	439	413
sep/2000	921,1	10,3	20,0	92	121	439	412

Anejo 7. Estudio de Producciones

Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
oct/2000	925,2	13,1	6,2	98	129	445	418
nov/2000	949,3	61,5	31,1	96	126	436	409
dic/2000	953,1	55,1	48,8	89	117	423	397
ene/2001	954,3	46,2	44,1	97	128	422	397
feb/2001	950,8	43,4	49,3	85	111	424	398
mar/2001	956,1	57,0	48,0	93	122	422	397
abr/2001	945,5	46,6	63,8	90	118	427	401
may/2001	941,9	44,6	48,7	99	130	431	405
jun/2001	934,0	20,2	30,1	91	120	434	407
jul/2001	928,0	6,7	14,6	96	127	438	411
ago/2001	927,5	0,3	1,7	101	133	441	414
sep/2001	919,0	5,9	13,4	88	116	442	415
oct/2001	920,2	9,8	6,7	103	135	447	420
nov/2001	919,6	12,2	9,9	98	129	445	418
dic/2001	918,7	10,5	9,8	94	123	447	420
ene/2002	931,2	16,2	5,6	102	133	441	414
feb/2002	941,8	27,9	14,4	87	114	434	407
mar/2002	943,3	29,9	28,0	90	119	431	405
abr/2002	951,4	17,8	5,2	94	124	428	402
may/2002	948,2	27,6	31,2	98	129	426	400
jun/2002	947,9	27,8	26,7	85	112	426	401
jul/2002	936,8	16,6	30,8	99	130	431	405
ago/2002	936,8	3,5	2,0	96	126	435	408
sep/2002	929,3	7,4	15,8	92	120	436	409
oct/2002	926,6	24,4	27,5	102	134	443	416
nov/2002	933,1	42,6	36,1	93	122	442	415
dic/2002	947,0	74,2	55,3	95	125	433	407
ene/2003	949,9	58,6	53,9	98	129	428	402
feb/2003	941,5	45,0	58,0	85	112	427	401
mar/2003	943,1	59,7	57,3	90	119	429	403
abr/2003	943,2	46,7	46,6	95	124	430	404
may/2003	942,6	31,5	32,4	95	124	430	404
jun/2003	940,3	8,9	13,7	91	119	431	405
jul/2003	933,6	8,3	17,6	100	131	435	408
ago/2003	933,3	1,8	1,2	92	121	437	410
sep/2003	925,2	4,7	13,5	97	127	439	412
oct/2003	917,0	10,0	14,2	103	135	447	419

Anejo 7. Estudio de Producciones

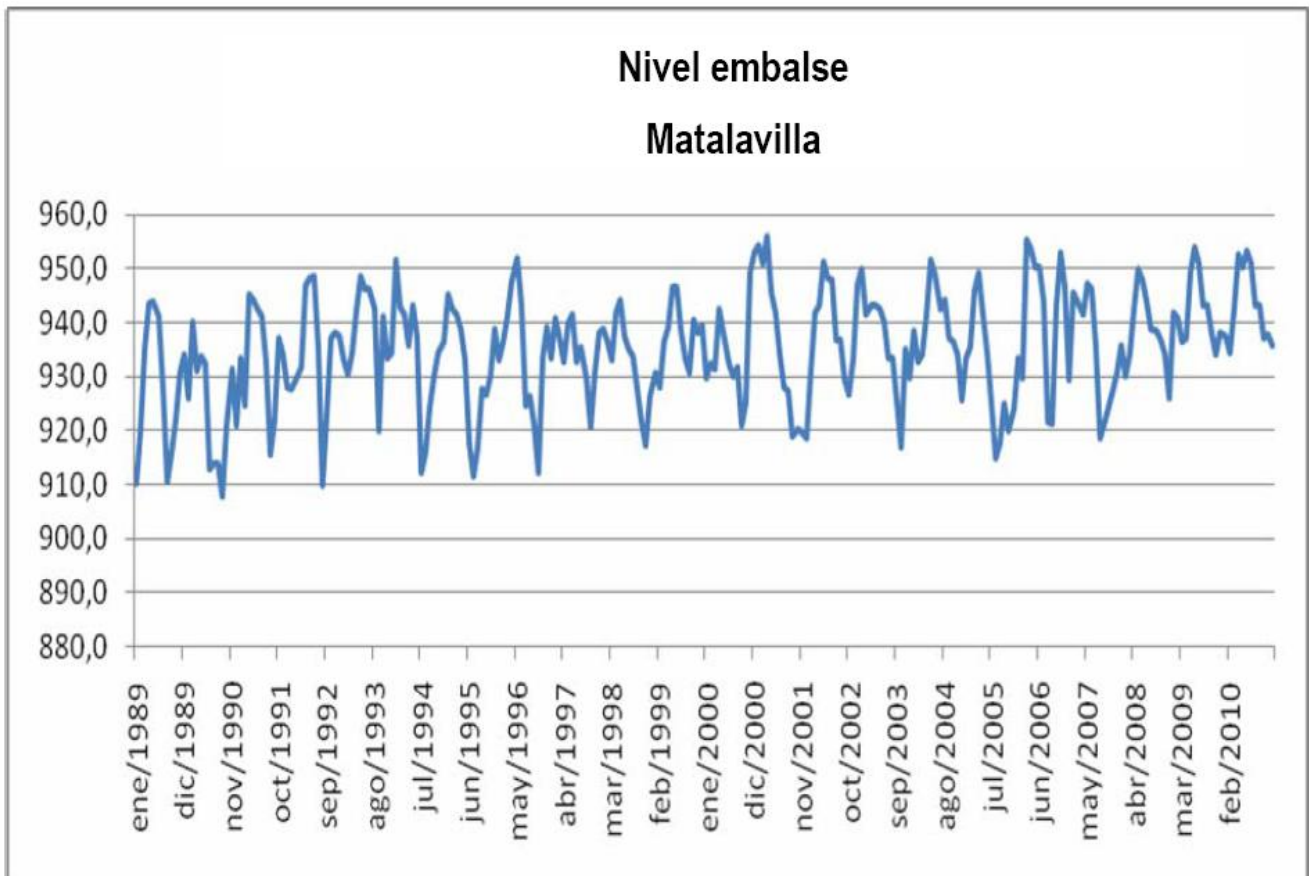
Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
nov/2003	935,0	42,8	26,7	88	116	442	415
dic/2003	929,7	64,0	69,2	101	132	438	411
ene/2004	938,5	76,0	65,9	96	126	437	410
feb/2004	932,8	50,7	56,3	87	115	436	410
mar/2004	933,9	39,0	35,9	101	132	437	411
abr/2004	941,3	31,6	20,5	96	126	435	408
may/2004	951,6	25,4	8,9	90	118	427	402
jun/2004	948,9	13,5	17,4	94	123	426	400
jul/2004	942,4	8,6	18,8	94	124	428	402
ago/2004	944,3	3,2	0,2	95	124	430	404
sep/2004	937,2	9,4	18,0	95	125	431	405
oct/2004	936,6	27,8	27,0	92	121	437	411
nov/2004	934,0	37,4	39,0	96	126	434	408
dic/2004	925,5	28,4	36,0	101	133	441	414
ene/2005	933,3	33,6	24,3	92	121	439	413
feb/2005	935,5	17,9	14,4	87	115	436	409
mar/2005	945,9	34,4	19,0	100	131	434	408
abr/2005	949,2	50,0	44,5	90	118	427	401
may/2005	941,4	47,0	57,5	94	124	429	403
jun/2005	934,5	18,3	27,2	95	126	434	408
jul/2005	924,9	6,6	17,1	92	121	439	413
ago/2005	915,0	0,8	8,9	102	134	445	418
sep/2005	917,7	2,8	0,0	99	129	448	420
oct/2005	925,1	7,6	0,1	94	123	446	418
nov/2005	920,1	19,2	20,4	98	128	444	416
dic/2005	924,1	27,2	22,8	97	128	443	416
ene/2006	933,3	26,6	13,1	96	127	438	412
feb/2006	929,9	17,1	18,5	88	115	438	411
mar/2006	955,4	57,4	20,6	100	131	433	407
abr/2006	953,8	33,0	35,9	84	111	421	396
may/2006	950,1	30,1	36,3	98	129	426	400
jun/2006	950,3	3,2	4,1	94	123	426	400
jul/2006	943,9	6,4	16,7	90	118	427	401
ago/2006	921,8	8,4	33,8	100	132	436	409
sep/2006	921,4	0,4	1,7	94	123	445	418
oct/2006	943,2	5,3	17,6	96	127	437	411
nov/2006	953,0	51,3	35,2	95	124	430	404

Anejo 7. Estudio de Producciones


Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
dic/2006	946,4	43,3	53,9	89	117	424	398
ene/2007	929,3	52,2	71,3	100	131	435	408
feb/2007	945,5	51,6	31,1	87	115	436	410
mar/2007	944,0	48,9	52,9	94	123	426	400
abr/2007	941,5	57,1	58,5	91	119	433	406
may/2007	947,1	75,3	22,7	99	130	429	403
jun/2007	946,1	22,8	24,9	90	118	427	401
jul/2007	935,4	17,8	31,8	95	125	432	406
ago/2007	918,8	8,8	24,4	101	133	439	413
sep/2007	921,3	3,4	0,7	89	117	446	418
oct/2007	924,4	5,8	0,0	102	134	444	417
nov/2007	927,4	2,7	0,0	97	128	442	415
dic/2007	930,8	3,2	0,0	92	121	439	413
ene/2008	935,7	15,6	9,3	100	132	436	409
feb/2008	930,0	15,9	21,5	92	121	437	410
mar/2008	933,9	20,5	14,8	92	121	439	412
abr/2008	942,4	55,1	42,9	95	125	433	406
may/2008	949,9	50,7	38,7	94	124	428	402
jun/2008	947,8	30,0	33,0	90	118	427	402
jul/2008	943,7	6,9	13,8	99	130	428	403
ago/2008	938,8	4,6	10,9	91	119	431	405
sep/2008	938,6	3,2	0,0	95	125	433	407
oct/2008	936,7	4,1	5,1	100	131	434	407
nov/2008	934,2	20,4	19,9	87	115	436	409
dic/2008	926,0	44,1	44,8	101	133	439	412
ene/2009	941,7	46,5	25,1	97	127	439	412
feb/2009	940,9	52,0	52,2	86	113	430	404
mar/2009	936,6	68,7	70,1	95	126	434	408
abr/2009	937,1	59,2	53,2	96	126	436	410
may/2009	949,4	33,3	14,0	90	119	430	404
jun/2009	953,8	8,3	0,9	93	123	424	399
jul/2009	950,9	5,0	9,7	97	128	423	398
ago/2009	943,3	9,2	20,1	90	118	428	402
sep/2009	943,1	0,8	0,0	95	125	430	404
oct/2009	938,1	6,8	12,4	95	125	431	405
nov/2009	934,2	46,6	44,1	91	120	434	407
dic/2009	938,2	77,8	62,0	100	132	437	410

## Anejo 7. Estudio de Producciones

Mes	Nivel embalse Matalavilla msnm	Caudal ENT Matalavilla Hm3	Caudal SAL Matalavilla Hm3	Producción Gwh/año	Consumo Gwh/mes	Potencia Media	
						Turbina MW	Bomba MW
ene/2010	937,4	69,6	63,1	91	119	433	406
feb/2010	934,6	56,8	55,3	88	115	438	411
mar/2010	942,7	75,4	60,4	100	132	435	409
abr/2010	952,7	56,5	41,8	94	124	428	402
may/2010	950,1	41,1	44,9	89	117	425	399
jun/2010	953,3	33,9	26,8	93	123	424	398
jul/2010	950,8	15,6	19,7	93	123	424	399
ago/2010	943,1	8,5	19,9	94	124	428	402
sep/2010	943,2	0,4	0,0	95	125	430	404
oct/2010	937,0	15,2	22,0	90	119	431	405
nov/2010	937,8	56,7	49,8	95	125	433	407
dic/2010	935,9	63,2	61,1	100	131	433	407







# Anejo 8. Impacto Ambiental

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. ASPECTOS LEGALES .....	2
2. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA .....	4
3. RELACIÓN DE ACCIONES DEL PROYECTO SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO .....	5
3.1. Fase de Planificación .....	6
3.2. Fase de construcción .....	7
3.3. Fase operativa .....	9
4. MEDIDAS PROTECTORAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS ..	11
4.1. Fase Obras .....	11
4.2. Fase Operativa .....	18
5. IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN – EVALUACIÓN DE IMPACTOS .....	20
5.1. Calidad atmosférica .....	21
5.2. Ruido y vibraciones .....	21
5.3. Hidrología .....	22
5.4. Geología y geomorfología .....	23
5.5. Edafología .....	24
5.6. Vegetación .....	24
5.7. Fauna .....	25
5.8. Espacios de interés natural .....	25
5.9. Paisaje .....	26
5.10. Usos del suelo .....	27
5.11. Valoración de resultados .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía del embalse de Matalavilla .....	5
---	---

## 1. ASPECTOS LEGALES

El proyecto de construcción de una central hidroeléctrica reversible en Matalavilla está sometido a la legislación específica sobre evaluación de impacto ambiental. Concretamente tiene que cumplir con el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de evaluación de impacto ambiental de proyectos (BOE núm. 4986, de 26.01.08) así como por la Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobada por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero (BOE núm. 73, 25.03.10). Así, y de acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto Legislativo 1/2008, es obligatorio el trámite de evaluación de impacto ambiental de todos los proyectos incluidos en el Anexo I, y aquellos del Anexo II que decida la administración competente – decisión que se ajustará a los criterios definidos en el Anexo III, los cuales hacen referencia a las características y ubicación del proyecto, así como las características del impacto potencial. La presente actuación, la central hidroeléctrica reversible acompañada de una balsa de retención de aguas, no se incluye en el Anexo I del Real Decreto pero sí que quedaría incluido dentro del Anexo II en el siguiente grupo:

### *ANEXO II*

#### *Grupo 8. Proyectos de ingeniería hidráulica y de gestión del agua.*

*(...)*

*g. Presas y otras instalaciones destinadas a retener el agua o almacenarla, siempre que se dé alguno de los siguientes supuestos:*

- 1. Grandes presas según se definen en el Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses, aprobado por Orden de 12 de marzo de 1996, cuando no se encuentren incluidas en el anexo I.*
- 2. Otras instalaciones destinadas a retener el agua, no incluidas en el apartado anterior, con capacidad de almacenamiento, nuevo o adicional, superior a 200.000 metros cúbicos.*

Así, de acuerdo con el Real Decreto Legislativo 1/2006 y las modificaciones realizadas en la Ley 6/2010, según el artículo 16 habrá que realizar una solicitud para la determinación de sometimiento o no a evaluación de impacto ambiental. El artículo 16 determina lo siguiente:

- 1. La persona física o jurídica, pública o privada, que se proponga realizar un proyecto de los comprendidos en el anexo II, o un proyecto no incluido en el anexo I y que pueda afectar directa o indirectamente a los espacios de la Red Natura 2000, solicitará del órgano que determine cada comunidad autónoma que se pronuncie sobre la*

*necesidad o no de que dicho proyecto se someta a evaluación de impacto ambiental, de acuerdo con los criterios establecidos en el anexo III. Dicha solicitud irá acompañada de un documento ambiental del proyecto con, al menos, el siguiente contenido:*

- a) La definición, características y ubicación del proyecto.*
- b) Las principales alternativas estudiadas.*
- c) Un análisis de impactos potenciales en el medio ambiente.*
- d) Las medidas preventivas, correctoras o compensatorias para la adecuada protección del medio ambiente.*
- e) La forma de realizar el seguimiento que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el documento ambiental.*

*Según el artículo 17, el órgano que reciba la solicitud a la que se refiere el artículo 16 se pronunciará sobre la necesidad de que el proyecto se someta o no a evaluación de impacto ambiental en el plazo que determine la comunidad autónoma. En el ámbito de la Administración General del Estado, corresponderá al órgano ambiental pronunciarse en el plazo de tres meses, a partir del día siguiente a la recepción por el órgano ambiental de la solicitud y de la documentación a la que se refiere el artículo 16.*

*Previamente, se consultará a las administraciones, personas e instituciones afectadas por la realización del proyecto, poniendo a su disposición el documento ambiental del proyecto a que se refiere el artículo 16. La decisión, que se hará pública, tomará en consideración el resultado de las consultas.*

*Siguiendo el procedimiento del artículo 17, cuando de la información recibida en la fase de consultas se determine que el proyecto se debe someter al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, se dará traslado al promotor, de acuerdo con el artículo 8.3, de la amplitud y del nivel de detalle del estudio de impacto ambiental junto con las contestaciones recibidas a las consultas efectuadas, para que continúe con la tramitación, de acuerdo con lo previsto en la sección 1ª.*

*Así, en caso de que el órgano competente decida que el proyecto debe someterse a evaluación de impacto ambiental, el trámite a seguir se realizará de acuerdo con el artículo 5 de la sección 1ª:*

*Artículo 5. Evaluación de impacto ambiental de proyectos.*

*1. La evaluación de impacto ambiental de proyectos comprenderá las siguientes actuaciones:*

- a) Solicitud por el promotor ante el órgano sustantivo de sometimiento del proyecto a evaluación de impacto ambiental, acompañado del documento inicial del proyecto.*

- b) Determinación del alcance del estudio de impacto ambiental por el órgano ambiental, previa consulta a las administraciones públicas afectadas y, en su caso, a las personas interesadas.*
- c) Elaboración del estudio de impacto ambiental por el promotor del proyecto.*
- d) Evacuación del trámite de información pública y de consultas a las Administraciones públicas afectadas y a personas interesadas, por el órgano sustantivo.*
- e) Declaración de impacto ambiental emitida por el órgano ambiental, que se hará pública y finalizará la evaluación.*

## **2. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA**

El embalse de Matalavilla se encuentra en el río Valseco, afluente del Sil (afluente del Miño). La presa se apoya en un cerrado escobio de cuarcitas paleozoicas que dan paso a un amplio valle, ahora ocupado por el embalse, que tiene una capacidad de 65 Hm<sup>3</sup>.

Los Altos de Piedra de Lobo, donde se encuentra el paraje de La Campona, localización del embalse superior del proyecto, es una de las localizaciones de más altura de la zona, a unos 1612 m, lo que hace que sea una zona especialmente atractiva para la construcción de un bombeo reversible.

El recorrido del Sil, a través del macizo hespérico, es un buen ejemplo de la acomodación fluvial a la pauta tectónica. Nos encontramos ante un valle profundo, estrecho y con pendientes acusadas.

La cuenca Miño-Sil se asienta sobre terrenos hercínicos del Macizo Hespérico y es por ello que la mayor parte de sus afloramientos corresponde a formaciones precámbricas, paleozoicas y cristalinas.

En cuanto a grupos litológicos, son mayoritarios los materiales metamórficos, seguidos por los de origen ígneo. Sobre estos materiales se sitúan, también, algunos recubrimientos detríticos.



Figura 1. Fotografía del embalse de Matalavilla

La vegetación dominante de la zona es de tipo mediterráneo, como corresponde a la región bioclimática que atraviesa, compuesta fundamentalmente por matorral, con algunos bosquetes de alcornoque (*Quercus suber*) y esporádicamente de encinares (*Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*). Se debe destacar la existencia en la cara Norte de bosques de castaños de cierta entidad (*Castanea sativa*), además de los bosques aluviales de alisos y fresnos y las carballeiras galaico portuguesas de robles.

Entre las especies faunísticas más relevantes, además del oso (*Ursus arctos*) se encuentra el urogallo (*Tetrao urogallus*), el lobo (*Canis lupus*), el gato salvaje (*Felis sylvestris*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), el búho real (*Bubo bubo*) y, más asociada al río, la nutria y el desmán o topo almizclero. Destacan entre las aves, además del águila real, la alondra totovía (*Lullula arborea*) o la curruca rabilarga (*Sylvia undata*).

### **3. RELACIÓN DE ACCIONES DEL PROYECTO SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO**

Una vez descrito el proyecto que se realizará, se pasará a enumerar las acciones del mismo susceptibles a producir impacto. Estas actuaciones pueden ser agrupadas en tres fases de desarrollo del proyecto que se indican a continuación.

- 1) Fase de Planificación: Asignación de usos y delimitación de los mismos
- 2) Fase de construcción: Obras



3) Fase operativa: Operatividad del sistema Hidroeléctrico.

A fin de simplificar las acciones del proyecto susceptibles a producir impactos ambientales en cada una de estas fases, relación que a posteriori servirá para identificar y valorar los distintos impactos así como para adoptar las pertinentes Medidas Protectoras, Correctoras y, en su caso Compensatorias, que permitan asumir el proyecto como compatible con el medio ambiente, se han identificado las mismas en función del parámetro afectado (medios terrestres, socioeconómicos y humanos).

### 3.1. Fase de Planificación

a) Instalación del Bombeo reversible de Matalavilla-Salentinós.

Con la ejecución y la puesta en funcionamiento del sistema de generación de energía proyectado, se pretende aumentar el uso de energía hidroeléctrica en la zona, es decir, energía proveniente de fuentes renovables, y que sirva como alternativa de potencia en caso de fallo de la central térmica de Compostilla II, en Ponferrada, estación de gran peso en la zona.

El diseño y dimensionado del sistema responde a las necesidades estimadas en el estudio de viabilidad técnica previo en el que se determinó la configuración óptima de cada uno de los elementos que conforma proyecto.

b) Ocupación y modificación permanente del suelo.

En la zona propuesta los espacios afectados por el subsistema hidráulico proyectado (ámbito del embalse artificial, estación de turbinado y bombeo, tubería forzada, etc.), se podrán inducir cambios relacionados con la geomorfología, el paisaje, los ecosistemas terrestres, la calidad del aire, los usos, así como sobre los valores socioeconómicos y culturales de la zona donde se desarrolle, etc.

c) Cumplimiento - Inclusión en el Plan de Sostenibilidad.

El Plan de desarrollo Sostenible de la zona de Ponferrada cita la necesidad de desarrollar sistemas energéticos sostenibles, promocionando los sistemas de energía renovables. Igualmente en el plan de acción Europea se cita *“... se seleccionará a una serie de comunidades, y regiones, ciudades e islas entre aquellas que puedan aspirar razonablemente a asegurar la totalidad de su suministro de electricidad a partir de fuentes de energía renovables...”*. La zona del proyecto ayudaría a sustituir la energía proveniente de la central de Ponferrada y permitiría ir sustituyendo esta central por energías renovables.

d) Intersección de infraestructuras y usos existentes.

Las principales actividades desarrolladas en la zona son el turismo y la agricultura.

Aparte de estos usos, se identifican en el ámbito una serie de carreteras y vías asfaltadas que forman parte de la red de carreteras, siendo la más afectada la carretera de La Espina (CL - 631), que une Ponferrada con La Espina por los valles del Sil y del Narcea a través del Puerto de Leitariegos. El resto de vías son en su mayoría pequeños caminos agrícolas.

e) Integración paisajística y ambiental.

El diseño adoptado para el conjunto de infraestructuras que conforman el Sistema Hidroeléctrico se define en líneas generales como opción de mínimo coste ambiental, tanto en lo que se refiere a ocupación de espacio, como a desarrollo volumétrico y estructural, de integración paisajística, etc.

### **3.2. Fase de construcción**

a) Impactos imprevistos.

En función del plan de obras y el tiempo máximo estimado para su duración, se pueden producir alteraciones en el medio, no previstas a priori, que se desarrollen de forma acumulativa en el tiempo, debiendo ser detectadas por el Plan de Vigilancia y Control.

b) Desbroce de las superficies afectadas por el proyecto.

La eliminación de la cubierta vegetal genera alteraciones a especies significativas de la flora, a la fauna vertebrada e invertebrada asociada, al suelo, al paisaje, etc., aunque es de destacar que en líneas generales la cubierta vegetal no manifiesta elementos altamente significativos y presenta una baja cobertura dentro los ámbitos afectados directamente.

c) Movimiento general de tierras.

Se consideran las alteraciones de la cubierta terrestre en las zonas que quedarán afectadas por movimientos de tierras (excavaciones, apertura de zanjas, ejecución de desmontes, terraplenados, explanaciones, etc.), en los ámbitos destinados a los embalses, a la central, y afectados por la colocación de la tubería forzada y el parque exterior, así como su conexión eléctrica a la red general, etc.

Se consideran, por otro lado, las variaciones que relacionadas con estos trabajos se ocasionarán de modo indirecto sobre la calidad del aire, el suelo, la geología, la

geomorfología, el paisaje, arqueología, empleo local, etc., así como las afecciones directas e indirectas que se podrán inducir sobre los valores de la flora y de la fauna que se adscriben a las áreas afectadas por estos movimientos de tierras y el espacio circundante, que en todo caso pueden ser objeto de corrección.

En cuanto a las alteraciones indirectas asociadas a la obtención de áridos necesarios para el desarrollo de la obra prevista, los ámbitos extractivos de producción deberán contar con las pertinentes autorizaciones administrativas y Estudios de Evaluación del Impacto Ecológico correspondientes, de tal forma que se puedan valorar con precisión las afecciones indirectas y establecer las Medidas Correctoras específicas.

d) Obras provisionales y parque de maquinaria.

Las obras previstas se deberán desarrollar contando al menos con tres centros de operaciones, respectivamente radicados en los ámbitos previstos para la implantación del parque exterior, del embalse a cota superior y del embalse inferior, lugares en los que se deberán habilitar espacios para aprovisionamiento de materiales, maquinaria, etc., involucrados en las obras durante el tiempo que dure esta fase.

e) Tráfico de vehículos pesados y uso de maquinaria.

Cabe esperar un aumento en el tráfico de vehículos pesados en el entorno del proyecto, así como la presencia de maquinaria de obras, que conllevarán como impactos más significativos la emisión de ruidos, polvo, gases, etc., y las consecuentes afecciones indirectas a las vías de circulación cercanas, a las poblaciones, los espacios agrarios y lúdico próximos, así como a la flora y fauna del ámbito y su entorno, debiéndose adoptar las pertinentes Medidas Correctoras.

La presencia y funcionamiento de la maquinaria pesada (bulldozer, retroexcavadora, dumpers, etc.), además de disminuir la calidad del aire, dificultará el tráfico en las vías de acceso, aumentará el riesgo de accidentes, etc., y tendrá asociado un riesgo de aparición de vertidos accidentales de aceites y combustibles que puedan afectar al medio. No obstante, este tipo de maquinaria presenta un protocolo de mantenimiento y operatividad que minimizan cualquier riesgo, y los vertidos, en caso de producirse, podrían incidir negativamente de forma puntual y nada significativa, siendo en todo caso fácilmente corregibles en caso de ocurrencia.

f) Impermeabilización de sustratos.

La acción de impermeabilizar las superficies ocupadas por los embalses afectará en escasa cuantía a los índices naturales de infiltración y no alterarán de manera apreciable a la escorrentía superficial.

g) Incidencia paisajística.

La ejecución de las diferentes unidades de obra en el modo en que se garantice una adecuada operatividad de las instalaciones supone en cualquier caso la introducción de elementos artificiales que alterarán definitivamente el paisaje.

La instalación del parque exterior, la ejecución del embalse y la toma inferior, son acciones que llevan aparejado un impacto paisajístico que en cada caso es función de la calidad paisajística del espacio afectado y también de la propia naturaleza del elemento artificial y de la adopción de medidas de integración. Así, por ejemplo, al encontrarse el bombeo cerca de una zona de especial protección a las aves, se deberá tener especialmente en cuenta este factor.

h) Generación de residuos.

Se producirán residuos asociados a los movimientos de tierras, al empleo de materiales de construcción, etc., que deberán ser objeto de una adecuada gestión.

i) Generación de empleo.

La mano de obra imprescindible para la ejecución del proyecto supondrá un aumento previsible de la población activa del municipio. No obstante, con mucha frecuencia las empresas productoras disponen de su propia plantilla de operarios procedentes de otros lugares, sin que su conjunto se extraiga de la bolsa de población parada del término municipal. En cualquier caso este efecto tendrá una escasa significación global.

j) Afección a la población residente.

Las citadas afecciones a la calidad del aire (ruidos, emisiones de partículas, etc.), tendrán escasa repercusión sobre la población residente del entorno más cercano al lugar de desarrollo de las obras, también sobre los usos agrarios que aún persisten en el espacio. En menor medida se verán afectados usos lúdicos que actualmente se puedan desarrollar en los ámbitos rústicos afectados por las obras.

### **3.3. Fase operativa**

a) Ocupación del Suelo.

Se contempla la ocupación de los distintos ámbitos afectados, en cuanto a la invalidación definitiva del espacio ocupado para otros usos o fines. Frente al muy

limitado impacto negativo sobre los usos actuales que registra la zona de directa afección en cuanto a soporte como zona de expansión lúdica, agrícola, industrial, etc.,

b) Presencia de infraestructuras.

Los impactos aparentemente más significativos tendrán que ver con la presencia del embalse, aunque la apreciación de estas incidencias tiene carácter altamente subjetivo. El adecuado mantenimiento de los niveles de calidad originales de la infraestructura con el paso del tiempo (parámetros estéticos iniciales), garantizarán un nulo impacto paisajístico asociada una imagen de deterioro que se pueda producir con el transcurso del tiempo.

c) Funcionamiento del Sistema Hidroeléctrico.

Las acciones en este caso se encuentran relacionadas con el funcionamiento de las instalaciones que componen el sistema hidroeléctrico, incluyendo las dependencias de bombeo, turbinado, la tubería forzada, etc., aunque la normal operatividad de las mismas no supondrá ninguna incidencia ambiental notable, ni lleva asociado riesgo de accidente que pueda acarrear ningún daño ambiental significativo. En todo caso el embalse constituirá un valor añadido a la oferta de ocio a escala local y municipal, puesto que representará un entorno lúdico complementario al fin intrínseco para el que se concibe en el proyecto, que es el embalse de agua para la generación de energía eléctrica y, de forma complementaria, depósito de reserva para abastecimiento de agua a la población y a la agricultura.

d) Calidad ambiental.

Las principales perturbaciones asociadas al funcionamiento del sistema serán las emisiones sonoras que se producirán en el parque exterior, que no tendrán repercusión ambiental notoria, por los escasos niveles de las emisión sónica, así como por el alejamiento del parque respecto a enclaves de población.

Las labores de mantenimiento de la infraestructura e instalaciones en general desarrolladas no llevan aparejadas acciones que puedan acarrear incidencias de relevancia, siendo muy limitada la necesidad de manejo de sustancias tóxicas, o peligrosas, como aceites lubricantes, etc.

Frente a todo ello, en este caso es reseñable la acción de reducción de las emisiones contaminantes, en particular de CO<sub>2</sub>, con significativa incidencia positiva en lo referente a calidad atmosférica y reducción en el empleo de combustibles fósiles.

e) Afección al título de Reserva de la Biosfera.

Sin duda el proyecto a desarrollar es una inversión íntimamente ligada a esta circunstancia, en tanto a su efecto positivo directo de cara a la mejora y conservación de la riqueza y calidad medioambiental y cultural de la zona, así como en lo referente a la búsqueda del progreso y desarrollo de sus gentes, a lo largo de su fase operativa.

f) Bienestar social y socio-economía.

El hecho de ir introduciendo centrales de energías limpias y renovables tendrá un buen calado social por las repercusiones ambientales positivas a largo plazo, así como una probable repercusión en el precio de la electricidad, debiendo traducirse en una mayor estabilidad en la tarifa eléctrica.

La garantía de suministro, en caso de fallo de la central de Ponferrada, principal suministro eléctrico de la zona, será un aspecto social y económico favorable.

Por otro lado, la operatividad del Sistema Hidroeléctrico necesitará de la contratación de distintos empleados para cubrir la amplia gama de operaciones de mantenimiento, seguridad, servicios y otras, que se generen en el trabajo ordinario de estas instalaciones, lo que supondrá un incremento de la población ocupada.

En todo caso, no es previsible que como resultado de la puesta en funcionamiento de la central se produzca ninguna modificación de los hábitos de vida de los habitantes del municipio.

## **4. MEDIDAS PROTECTORAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS**

Aunque los impactos compatibles detectados por definición no precisan Medidas Correctoras y en los calificados como Moderados, éstas no son de carácter intensivo, los impactos Severos requieren la adopción de Medidas Correctoras y/o Protectoras intensas. A continuación se proponen medidas encaminadas a reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos notables, así como las posibles alternativas a las condiciones iniciales del proyecto. La descripción de estas medidas se realiza con respecto a cada acción del proyecto que produce efecto significativo sobre el medio.

### **4.1. Fase Obras**

a) Minimización de movimientos de tierras y de la alteración del espacio.

Se procurará minimizar la apertura de accesos temporales, optimizando las sendas preexistentes para las labores de acceso a embalses, parque exterior y tomas.



b) Protección del suelo y de las características Hidrológicas del acuífero.

No se permitirá la realización de cambios de aceite u operaciones de mantenimiento de la maquinaria a emplear fuera de la superficie hormigonada e impermeabilizada que se destine, si fuera oportuno dentro de cada uno de los centros de operaciones previstos, a parque de maquinaria, siendo recogidos estos residuos en recipientes adecuados, para ser tratados por gestor autorizado en este tipo de materiales. La zona afectada después de la realización de las obras se limpiará de restos de obras y residuos de cualquier tipo que quedasen en la misma, no pudiendo enterrarse ningún resto ni residuo, ni ser vertido fuera de los límites, siendo obligatoria su retirada a vertedero autorizado. En caso de producirse derrames accidentales de aceites, combustibles, disolventes o pinturas, se retirará inmediatamente el suelo contaminado por gestor autorizado en este tipo de vectores contaminantes, depositándose en un vertedero autorizado.

c) Prevención del ruido.

Se diseñarán las medidas correctoras que se deberán realizar, en su caso, para garantizar el cumplimiento de las prescripciones que sobre ruidos y vibraciones establece el Título III del Reglamento de la Calidad del Aire, verificándose que los niveles admisibles se encuentran dentro de los rangos especificados, en los períodos diurnos y nocturnos, indicadas en las tablas del Anexo III del citado Reglamento.

d) Protección de yacimientos arqueológicos y etnográficos.

Presencia de arqueólogo cualificado que supervise las superficies afectadas por obras, verificando la eventual aparición de valores de los que a priori no se tiene constancia, y paralización inmediata de las obras y comunicación del hallazgo al Servicio de Patrimonio Histórico.

e) Protección del paisaje.

Se evitará en general la alteración de áreas que circundan a los ámbitos directamente afectados por el proyecto, evitando la invasión con maquinaria, acopios, vertidos, etc. Todas aquellas zonas que de modo indirecto y justificadamente se puedan ver afectadas por la posible instalación de las infraestructuras que conforman el Sistema Hidroeléctrico se restaurarán a su estado inicial o como pequeños setos de vegetación autóctona.

f) Restitución del terreno y de las posibles infraestructuras y servicios:

Se preverá con antelación cualquier tipo de alteración a los terrenos circundantes así como cualquier afección a las distintas infraestructuras y servicios que se puedan ver afectados por las obras a realizar para la instalación de Sistema Hidroeléctrico, restableciendo a su estado original los accesos, cercas y vallas, fosos, taludes, muros, sistemas de regadíos, etc., restitución de la capa de tierra vegetal en el lugar donde la había antes de comenzar los trabajos, restitución de pavimentos, accesos, bordillos, etc.

Además se limitará la extensión de la erosionabilidad inducida por la obra y se evitará el aumento de riesgos de inestabilidad ya existentes por realización de nuevos trabajos.

No se permitirá el acopio indefinido de escombros ni de materiales obtenidos de las excavaciones en zonas no autorizadas para tal fin. Se reutilizarán los materiales extraídos de la zona en la misma área.

Se preverá, especialmente en caso de que se crucen caminos existentes o sendas, para evitar el efecto barrera temporal sobre la fauna o ganadería presentes en la zona, la habilitación de pasos temporales en los puntos donde se considere necesario. En los casos de carreteras, cauces, etc., en que se deban realizar cruces especiales, se colocarán chapas de resistencia adecuada para los pasos de vehículos pesados en los caminos y pasos afectados. De igual forma se procederá al señalizado mediante linternas intermitentes para la noche.

#### g) Vertidos y residuos.

Los vertidos provienen de pérdidas ocasionales de aceites y gasoil de las máquinas presentes en las obras. En el caso de que éstos se produzcan sobre el terreno, dicho terreno se eliminará y se enviará al mismo gestor encargado de recoger los cambios de aceite y repostado de la maquinaria. Se evitará, en todo caso, que estos cambios se realicen en las proximidades de cursos de agua para evitar que se creen focos propagativos al caer el agua de lluvia que pueda transportar estos vectores contaminantes (elementos pesados, etc.) a otro lugar. Los vertidos quedarán bajo el control de las normas de seguridad e higiene que eviten estos hechos y serán efectuados en lugares acondicionados al efecto.

Los residuos procedentes de movimientos de tierra y en general de obras, (materiales de construcción, residuos de demolición de infraestructura preexistente, etc.), serán reutilizados, trasladados a las instalaciones más cercanas para su tratamiento, o como material de relleno en procesos de restauración de extracciones legalizadas, o simplemente procediendo a su traslado a un vertedero autorizado.

h) Emisiones contaminantes.

En la fase de obras, las emisiones contaminantes se limitan a las procedentes de la combustión producida en los motores de las máquinas en los trabajos y demás vehículos. Estas emisiones se reducen al mínimo manteniendo dichos motores en buen estado.

i) Ruidos.

Contra los ruidos se actuará reduciendo la velocidad de circulación de los vehículos por las pistas y carreteras de acceso a la zona de obras, minimizando las zonas de cruces con las pistas, instalando en los equipos móviles de trabajo silenciadores, disminuyendo el ruido que generalmente producen estos equipos sin este tipo de dispositivo. Estudiando y analizando rutas alternativas al transporte de los materiales, si fuera posible, evitando cualquier tipo de interacción negativa con zonas habitadas y limitando el trabajo de aquella maquinaria más molesta a las horas diurnas. También se mantendrán a punto los motores de las palas excavadoras, camiones, etc., que intervengan en las obras, a punto.

j) Calidad del aire.

Contra las emisiones de polvo en las obras se propone el riego de las pistas interiores por donde circulen vehículos al menos 3 veces al día, antes de comenzar la jornada laboral, a las 4 horas siguientes y al terminar la jornada. Además se regará con mayor frecuencia cuando las condiciones climáticas así lo exijan, caso de existencia de viento o en períodos de sequía prolongada. El lugar del tajo se regará antes de cada arranque y del comienzo de la carga del material suelto, para que éste conserve cierto grado de humedad y se evite la puesta en suspensión de polvo. Se evitará la quema de materiales, especialmente elementos plásticos, trasladándose fuera del ámbito de la planta para su tratamiento en un vertedero controlado.

El uso del agua se limita a la corrección de las emisiones de partículas a la atmósfera generadas por las labores a realizar y al riego correctivo de los viales de acceso a la zona, se utilizará el caudal apropiado a las condiciones ambientales de la zona. Se evitará con esta dosificación la contaminación del acuífero por infiltración de los excedentes de riego, así como cualquier posible alteración de las aguas superficiales, si se produjeran épocas de grandes lluvias.

Se mantendrán en buen estado las vías de acceso a las zonas de obras en toda la longitud de su trazado, evitando de esta manera que se favorezcan las emisiones de polvo por el tránsito continuado de vehículos.

Se controlará el estado de las escombreras generadas en los trabajos de excavación, terraplenado y explanación iniciales, ubicándose en una zona no expuesta a los vientos, siempre alejados de las zonas más visibles y procediéndose al riego en los períodos en que la climatología lo exija.

Asimismo la incorporación al viario local de los camiones implicados en las obras se hará con una distribución temporal de 10 minutos entre un vehículo y otro. Con esta medida protectora se evita que se produzcan concentraciones de vehículos pesados en el citado viario, evitando con ello riesgos de accidentes con otros usuarios, concentración de contaminación gaseosa, exceso de ruidos, vibraciones, etc.

Igualmente los camiones saldrán de la explotación con la carga tapada por un toldo, para evitar la producción de polvo por el barrido de aire al circular, así como la caída accidental de material.

k) Edafología.

En el caso del suelo vegetal que deba ser retirado de los terrenos agrícolas será convenientemente extraído, acopiado y tras el correspondiente tratamiento, reutilizado en las plantaciones demandantes de dicho recurso.

El material sobrante, en caso de no ser apto, desde el punto de vista de sus características edáficas como material de préstamo para uso agrícola, se depositará en vertedero autorizado.

l) Hidrogeología e hidrología superficial.

Se establecerán medidas para encauzar las aguas de escorrentía y se evitará la acumulación de materiales en pendientes, barrancos o cauces que supongan un obstáculo al libre paso de las aguas y riesgo de arrastres de materiales y sustancias. Se garantizará que no se produzcan vertidos al sistema hidrológico de aceites, combustibles, disolventes, pinturas, cementos y otros sólidos que puedan precipitar, flocular o quedar en suspensión procedentes de la actividad de la obra. Cada cauce interceptado tendrá su propio drenaje transversal, destacándose la reunión en un único punto de drenaje de las escorrentías correspondientes a distintas cuencas parciales.

m) Vegetación.

En el ámbito de afección del proyecto se han identificado especímenes de varias especies protegidas siendo las medidas de aplicación para la protección de estos valores botánicos son las que siguen a continuación:

Se reducirá la superficie alterable para no ampliar el efecto degenerativo en los bordes de la zona de actuación.

Conservación del ejemplar vegetal protegido en el actual emplazamiento cuando el mismo coincida con ámbito destinado a espacio libre o zona verde dentro de las superficies a ocupar.

Por lo que se refiere a los individuos para los que se ha determinado el trasplante, las superficies preferentes para su acogida definitiva serán las Zonas Verdes y Espacios Libres a desarrollar por el proyecto, espacios para los que se proponen medidas de acondicionamiento ambiental que se describirán más adelante, en el apartado de medidas correctoras de contenido paisajístico.

n) Fauna.

La fauna afectada en esta fase de obras no es significativa. Sin embargo es importante que las labores se limiten lo más preciso a las áreas de la obra, no debiendo salirse ni los vehículos ni el resto de actividades, de los viales previstos al efecto, o de las zonas de trabajo impidiendo invadir espacios no alterados, o interaccionar con los valores faunísticos que puedan existir en el entorno.

o) Espacios Naturales.

Dado que buena parte de las intervenciones colinda con una ZEPA se estará en todo momento a lo dispuesto en las disposiciones de los respectivos Planes Especiales de Protección de dicho Espacio Natural Protegido durante la fase de desarrollo de las obras.

Por esta misma circunstancia, se adoptarán medidas que minimicen la incidencia visual de las obras, como la selección y disposición de los acopios, se estudiará la oportunidad y necesidad de disponer barreras temporales de ocultación de obras en función de su incidencia visual temporal sobre estos ámbitos bajo protección, con el fin de asegurar que no exista intimidación para visitar estos espacios, etc.

p) Paisaje.

La creación de áreas verdes, (zonas ajardinadas), constituye una medida correctora adecuada para paliar las alteraciones que originan las obras y para lograr su integración paisajística en el medio. En este sentido, el plan de revegetación debe producir efectos muy positivos en los aspectos más afectados: el entorno rústico y el paisaje, siendo notorio en este caso su papel de cara a lograr el mayor grado de integración paisajística y ambiental de la infraestructura a desarrollar, en particular del embalse a cota superior.

Tal y como se comentó en un apartado anterior, en aquellas zonas objeto de restauración y espacios libres en los que se considere necesario efectuar plantaciones se procederá, previo aporte de tierra vegetal, con empleo de los suelos retirados y adecuadamente tratados en la etapa anterior al movimiento de tierras, para posteriormente realizar el trasplante de aquellos ejemplares de interés extraídos del interior del ámbito de estudio, siendo complementada la revegetación con la plantación de especies representativas del piso vegetal afectado del lugar afectado en cada caso, y siempre de acuerdo con las disposiciones establecidas al respecto en los Planes Especiales de los Paisajes Protegidos afectados, en su caso.

Además de las medidas adoptadas para reducir el impacto paisajístico mediante la creación de zonas verdes y espacios libres, se contempla la adopción de una serie de consideraciones estéticas a aplicar en las edificaciones e infraestructura a desarrollar. En particular se evitará volumetrías excesivas y desarrollo de tipología preferiblemente rústica tradicional en las edificaciones a implantar, en particular en el ámbito del parque exterior, y también en la caseta de control, etc. El color del paramento de las fachadas de los edificios será preferentemente de colores térreo, ocre o almagre, en cualquier caso adaptado al medio de acogida y a los tipos rústicos tradicionales indicados, y a las indicaciones establecidas al respecto en los correspondientes Planes Espaciales en el caso de afección al Paisaje Protegido.

Además de las medidas adoptadas para reducir el impacto paisajístico mediante la creación de zonas verdes y espacios libres, tratamiento de las vías, cumplimiento de las prescripciones indicadas en apartados anteriores en lo referente a vertidos, residuos, etc., es necesario contemplar las indicaciones relacionadas con las edificaciones, siempre en concordancia con las Ordenanzas Municipales.

#### q) Población.

En la fase de obras produce efectos contrapuestos; por un lado, efectos positivos derivados del empleo de mano de obra. Por otro, efectos negativos debidos a las molestias ocasionadas por las obras. Para este último caso, las recomendaciones se limitan a cumplir el resto de medidas correctoras (respecto a polvo, ruidos, etc.) que se han propuesto en el resto de apartados de este estudio.

Se respetarán y restaurarán todos aquellos servicios, infraestructuras, propiedades privadas, etc. que pudieran verse alteradas durante las obras de instalación. En caso de que se crucen caminos existentes se habilitarán pasos temporales en los puntos donde se considere necesario. En los casos de carreteras, cauces, etc. se realizarán cruces especiales se colocarán chapas de resistencia adecuada para los pasos de



vehículos pesados en los caminos y pasos afectados. De igual forma se procederá al señalizado mediante linternas intermitentes para la noche.

## **4.2. Fase Operativa**

### **a) Vertidos y Residuos.**

Los vertidos generados en esta fase dependerán de las labores realizadas en el conjunto de la infraestructura adscrita al Sistema Hidroeléctrico, siendo tratados adecuadamente según las normas que rijan tales vertidos o llevados, en cualquier caso a vertedero autorizado.

Así mismo los residuos generados por el personal operativo deberán ser recogidos en un recipiente estanco y posteriormente trasladados hasta un contenedor para ser evacuados por el servicio de recogida de residuos sólidos urbanos municipales. El volumen diario previsto es de 0,6 kg/persona y día.

Si se contemplara algún tipo de vertido a la red de alcantarillado, sólo podrá autorizarse previo informe favorable del servicio municipal correspondiente.

Con una periodicidad de al menos 3 veces al año, se realizará una campaña de limpieza con el fin de retirar todo tipo de residuos, basura o elementos deteriorados que pudieran haber sido depositados en los alrededores de las instalaciones.

### **b) Ruidos.**

Las instalaciones de la planta constan de equipos que, si bien al aire libre provocarían ruido (bombas, etc.), en la situación de inmersión en caverna, no producen niveles acústicos perceptibles.

### **c) Mantenimiento y conservación de infraestructuras.**

Se mantendrá en perfectas condiciones el pavimento de vías de tráfico rodado, reponiendo las superficies deterioradas, evitando de esta forma producir molestias a los usuarios, pérdidas de fluidez en la circulación, aumentos de los índices de riesgo de accidentes, etc.

Se velará por el buen mantenimiento de las condiciones iniciales adoptadas para las edificaciones, cerramientos, revestimientos, etc.

La infraestructura se mantendrá en correctas condiciones de operatividad, estética, estanqueidad, higiene, etc., con lo que se evitarán pérdidas de agua potable, que pueden provocar afecciones graves a los suelos y al acuífero, afección al paisaje, etc..

Se realizará, antes del comienzo de las épocas de lluvia, una limpieza de cunetas de las vías y puntos de desagüe del sistema de drenaje de aguas pluviales, para evitar que se produzcan inundaciones de zonas no deseadas, evitando producir un aumento de la erosión y una pérdida de los materiales, sobre todo en las zonas verdes y jardines, y el posible arrastre de estos materiales a las zonas de desagüe.

d) Calidad del aire.

Se cumplirá lo establecido en las Ordenanzas Municipales en lo referente a deslumbramientos y a emisiones de gases, humos, partículas y otros contaminantes atmosféricos.

Para las sustancias que no se incluyen en estas Ordenanzas se aplicarán los límites de la legislación estatal. Estos son los legales o reglamentariamente establecidos en el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se establece el Reglamento de actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, (RAMINP), y sus sucesivas modificaciones; para evitar consecuencias perjudiciales al medio ambiente.

No se contempla la emisión de sustancias ni la producción de ruidos que puedan alterar el medio.

e) Vegetación.

Se velará por el adecuado mantenimiento de las zonas verdes, jardines y zonas adecuadas a este fin, realizando las podas y reposiciones de marras precisas, retirando los restos vegetales de podas y residuos que puedan ser depositados por el viento (papeles, plásticos, etc.), efectuando tratamientos fitosanitarios si fuera necesario, abonos, etc.

El riego de estas superficies se dosificará correctamente según las necesidades del momento, evitando excedentes que puedan generar pérdidas de suelos, erosión, pequeñas inundaciones, obstrucciones del sistema de drenaje, etc.

En cuanto al empleo de fitosanitarios, siempre se llevará a cabo por personal cualificado que haya obtenido el carnet de manipulador de fitosanitarios, y sólo se usarán aquellos autorizados conforme a lo establecido en el Real Decreto 2.163/1994, de 4 de noviembre, por el que se traspone la Directiva 91/414/Cee del Consejo, de 15 de julio, sobre comercialización de productos fitosanitarios, y sus posteriores modificaciones; y se utilizarán adecuadamente, lo que supone el cumplimiento de las condiciones indicadas en sus etiquetas y la aplicación de los principios de las buenas prácticas fitosanitarias, evitando de este modo cualquier efecto nocivo sobre la salud humana o animal, y sobre las aguas subterráneas.

f) Paisaje.

Todas las medidas correctoras anteriores suponen el mantenimiento de la calidad paisajística de las instalaciones, impidiendo el abandono o la alteración de los usos proyectados.

En cuanto a las características edificatorias se reparará cualquier daño que puedan sufrir las fachadas y cubiertas manteniéndose las decisiones adoptadas en lo referente al color a emplear, la calidad de los materiales, la tipología edificatoria, etc.

## **5. IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN – EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

A continuación se efectúa una pre-evaluación de los principales impactos que el proyecto del A.H. del Bombeo Reversible de Matalavilla-Salentinós puede comportar sobre cada uno de los vectores ambientales potencialmente afectados. Se realiza una valoración objetiva de los factores esenciales del medio físico, biótico y abiótico así como del medio socioeconómico que resultará afectado dentro de la zona donde se prevé realizar el proyecto.

En este sentido, las principales acciones del proyecto susceptibles de generar impactos derivan de:

- La ocupación de nuevas superficies, fundamentalmente la nueva balsa artificial necesaria, como las ocupaciones temporales propias de la obra (parque de maquinaria, acopio de materiales, accesos, depósitos de materiales de excavación, etc.).
- Los movimientos de tierra consecuencia de excavaciones para la creación de la nueva balsa, que afectarán la calidad atmosférica, la geología y geomorfología y también el conjunto de paisaje más cercano a la ubicación de la balsa.
- La circulación y movimiento de maquinaria que básicamente puede generar molestias por frecuentación y generación de ruido a la fauna de la zona.
- La generación de residuos, que habrá que recoger y gestionar tal y como establece la legislación vigente y, fundamentalmente el gran volumen de tierras de vertedero generados en la construcción de la balsa y en las excavaciones de las galerías.
- El incremento de los niveles sonoros que se registrarán en la zona por parte del personal de obra y la maquinaria.

Se procede a continuación a realizar las valoraciones de los diferentes vectores ambientales:

## 5.1. Calidad atmosférica

**Causa del impacto:** impacto se deberá principalmente al polvo que se generará durante las obras de construcción tanto de la balsa superior, la perforación de las tuberías enterradas como de la central, en el caso que esta sea en superficie. Las causas principales serían los trabajos con movimientos de tierras y el movimiento de la maquinaria para el transporte de las tierras y el resto de los materiales.

**Valoración del impacto:** se valora el impacto como **leve** ya que se trata de una zona dónde los niveles de contaminantes son muy bajos y por lo tanto existe una elevada capacidad de absorción así como porque los trabajos no tendrían lugar en zonas con receptores especialmente sensibles. Además mencionar que la zona donde se ubica el proyecto presenta una pluviometría y humedades elevadas, siendo estas condiciones favorables para evitar la generación de polvo. Acabadas las obras el impacto será completamente nulo ya que la recuperación del estado inicial se producirá de forma inmediata.

## 5.2. Ruido y vibraciones

**Causas del impacto:** las principales causas de impacto en relación al ruido son las mismas que se han apuntado en relación a la generación de polvo: la ejecución de los trabajos de movimiento de tierras y el tránsito de la maquinaria de obra. El ruido que genera un camión está entorno los 70-75 dB(A) y el de una maquina trabajando cerca de los 80-85 dB(A).

**Valoración del impacto:** la ejecución de los trabajos de movimiento de tierras así como el tránsito de vehículos por el transporte del material de excavación se centrarán básicamente en la zona dónde quedará ubicada la balsa, y comportará la perturbación de un entorno actualmente muy tranquilo, afectando de forma notable y de forma directa a la fauna presente en la zona. Se podría producir como consecuencia del incremento de los niveles sonoros la migración temporal de muchos animales actualmente presentes en esta zona. Así, el impacto inicial del proyecto en relación al ruido y vibraciones se ha valorado inicialmente como **moderado**.

### 5.3. Hidrología

**Causas del impacto:** la afectación sobre la hidrología se puede producir a nivel de aguas superficiales y aguas subterráneas. El funcionamiento de la central reversible puede suponer, según sea su nuevo régimen de funcionamiento, un nuevo cambio en el régimen hidrológico del curso fluvial aguas debajo de la central existente, ya que la existencia de la nueva infraestructura puede permitir incrementar el volumen trasvasado desde la central del embalse de Las Rozas, incrementándose por tanto el número de horas en funcionamiento de la actual central, alterando el régimen hidrológico aguas abajo respecto al actual funcionamiento actual. No obstante, esta posible variación del régimen no podrá ser muy acusada, dado que los 2.7 Hm<sup>3</sup> de capacidad de la nueva balsa suponen un incremento de volumen leve respecto a los casi 65 Hm<sup>3</sup> del actual embalse. Paralelamente, para las aguas superficiales, el impacto se puede producir por causa directa en el caso de que las obras alcancen cursos de agua superficiales, o por causa indirecta si la calidad de las aguas se viera alterada como consecuencia de las obras (incremento de turbidez debido a la erosión de superficies denudadas, arrastre de tierras sueltas en momentos de fuertes lluvias o porque puedan ir a parar materiales contaminantes procedentes de la obra). La afectación a las aguas subterráneas también se puede producir de forma directa si las obras interceptan flujos de agua subterráneos o bien de forma indirecta por la infiltración de contaminantes o aguas contaminadas que entren en contacto con las aguas subterráneas.

**Valoración del impacto:** A escala local constatar que la balsa superior se sitúa en zona culminar, por lo que no se prevé afección sobre cursos fluviales. Por lo que se refiere a las conducciones, estas van enterradas, por lo que tampoco se prevé una afección sobre las aguas superficiales.

En lo que atañe a impactos indirectos, o la alteración de la calidad del agua, hay que tener en cuenta que se podría producir un riesgo de arrastre de tierras en períodos de fuertes lluvias o lluvias puntuales mientras se realicen movimientos de tierras y los taludes de la balsa sean aún inestables. El efecto será un aumento puntual de la concentración de partículas en suspensión de los barrancos que fluyen desde el emplazamiento. También se puede producir de forma accidental algún vertido de contaminantes en la obra, afectando especialmente a las aguas de escorrentía de las superficies donde se ubicarán las infraestructuras auxiliares de la obra.

Así, el impacto sobre la hidrología superficial se considera **moderado** aunque aplicando medidas preventivas correspondientes éste puede llegar a ser **leve**. Por lo

que se refiere a la hidrología subterránea, el impacto se puede considerar **leve** dado que, a priori, no se prevé afección del nivel freático por las obras.

## 5.4. Geología y geomorfología

**Causas del impacto:** los impactos más importantes sobre la geología son debidos a la ocupación de nuevos terrenos y, por lo tanto, a un cambio en el uso y características del suelo y a los movimientos de tierras necesarios para la construcción tanto de la balsa como de las tuberías mediante perforación. En este caso cabe destacar la generación de tierras de vertedero procedentes de la excavación para la balsa y de la perforación de las tuberías, así como su posterior gestión. El impacto sobre la geomorfología se debe a los cambios en la fisiografía y relieve que comportaran las obras proyectadas, especialmente la balsa, dado que las tuberías van enterradas.

**Valoración del impacto:** el impacto sobre la geología debido a la ejecución del proyecto se ha considerado como **moderado**. En primer lugar por la superficie de ocupación de la nueva balsa pero, sobre todo, por el volumen de tierras y material generado tanto en la construcción de la balsa como en la perforación de las tuberías. Éstas deberán ser gestionadas de forma adecuada y, aunque una parte de estas tierras podrían utilizarse para modelar el terreno donde se ubicaría la balsa, a otras habría que buscarles un emplazamiento definitivo. Se podría evaluar la posibilidad de realizar mejoras de parcelas agrícolas en el entorno del proyecto.

Los impactos sobre la geomorfología se centrarían básicamente en la construcción de la balsa dado que las tuberías o la central (enterrada o no) no producirían alteraciones sobre el terreno.

Se prevé la ubicación de la balsa sobre una zona culminar con diferencias de cota entre los 1590 y 1617 metros pero relativamente amplia (unos 425 x 590 metros) lo que hace que las pendientes sean bastante suaves y que la geomorfología del terreno pueda ser fácilmente moldeada para la instauración de la balsa. Las tierras extraídas para la balsa servirán en todo momento para realizar los taludes de la misma reduciendo de este modo los volúmenes excedentes.



## 5.5. Edafología

**Causas del impacto:** el impacto más importante sobre la edafología se produce por la destrucción directa de la capa edáfica en las superficies ocupadas por el proyecto, tanto las superficies de ocupación temporal como definitivas. También se produce pérdida de suelo por la compactación de aquellas superficies que se utilizan de forma temporal o en caminos de acceso a la obra. De forma indirecta se podría producir cierta afectación por contaminación del suelo debido al vertido de líquidos y sustancias potencialmente contaminantes.

**Valoración del impacto:** el impacto potencial sobre la edafología se ha valorado inicialmente como **leve**. La superficie afectada prácticamente se limitaría a la ocupada por la balsa y algunas zonas de ocupación temporal. La afección indirecta será igualmente mínima o nula si se realiza una gestión correcta de los residuos.

## 5.6. Vegetación

**Causas del impacto:** el impacto más importante sobre la vegetación sería el directo por la destrucción de la cubierta vegetal que se localice donde se ubicarán las nuevas infraestructuras.

También hay que considerar el impacto debido a las superficies de ocupación temporal que se destinan a los elementos auxiliares de la obra. En el primer caso la afectación es permanente mientras que en el segundo, al ser una ocupación temporal, ofrece la posibilidad de restauración posterior i/o es evitable si se escoge el emplazamiento adecuado (superficies sin vegetación o con vegetación de menor interés de conservación).

**Valoración del impacto:** el impacto sobre la vegetación se ha valorado inicialmente como **leve** ya que se prevé el emplazamiento de la balsa sobre los altos de Piedra de Lobo donde no existe vegetación forestal sino que predominan las praderas. Las conducciones, dado que van enterradas y, a priori, se realizarán mediante perforación, no afectarán a la vegetación de la zona. En cuanto a la central, si se realiza enterrada, no producirá impacto alguno y, en caso de realizarse en superficie, ésta podría afectar mínimamente la vegetación próxima a los cursos fluviales.

## 5.7. Fauna

**Causa del impacto:** el impacto de la fauna se puede producir tanto de forma directa como indirecta. De forma directa el impacto principal es debido a la destrucción i/o alteración de los diferentes hábitats faunísticos en las zonas afectadas por el proyecto. Se produce un cambio en el uso del suelo en todas aquellas superficies de ocupación permanente o temporal. De forma indirecta se producirá el impacto de forma temporal mientras duren las obras debido al polvo y, principalmente, al incremento de los niveles sonoros por el trabajo de la maquinaria y el movimiento de ésta por la obra. También la mayor alteración del régimen hidrológico natural puede ocasionar impactos sobre la fauna piscícola o la biocenosis fluvial en general, aparte de especies sensibles asociadas al hábitat fluvial como la nutria.

**Valoración del impacto:** el impacto del proyecto sobre la fauna se ha considerado como **moderado**. El proyecto se ubica en territorio considerado como Zona I del Plan de conservación y gestión del lobo y, aunque fuera de los límites del Plan de recuperación para el oso pardo y fuera de la Zona de Especial Protección para el Urogallo, éstas se encuentran muy próximas, a menos de 200 metros al E y NE.

El elemento de la infraestructura con mayor impacto sería de nuevo la balsa, por su superficie de ocupación, tanto permanente como temporal. Y más concretamente su ejecución, el impacto debido a la generación de polvo y, sobretodo, el ruido se valora como moderado. Las características de los hábitats presentes se verán perturbadas por lo que se podría producir una migración o huida de muchas especies actualmente presentes en esta área hacia otras zonas y el impacto se puede considerar más destacado si realmente habitan las especies protegidas anteriormente mencionadas: lobo, oso pardo y urogallo.

## 5.8. Espacios de interés natural

**Causas del impacto:** el impacto del proyecto se produce cuando la actuación afecta de forma directa o indirecta a alguno de estos espacios. En esta afectación hay que tener en cuenta dos aspectos diferentes: si la actuación se sitúa físicamente dentro del espacio y si se afecta de forma directa o indirecta alguno de los valores que justifiquen la protección del espacio o su consideración como espacio de especial interés. La afectación se puede dar por la destrucción de alguno de los valores del espacio o simplemente por la alteración de su calidad.

**Valoración del impacto:** el impacto del proyecto debido a la afectación de espacios de interés natural se ha valorado inicialmente como **leve-moderada** ya que, aunque el proyecto se sitúa físicamente fuera de cualquier área protegida, en este caso el espacio natural del Alto Sil, situado a escasos 200 metros del ámbito del proyecto, puede haber alguna afección indirecta sobre el mismo. La afección más importante se encontraría en la perturbación, mediante ruido y la presencia humana sobre todo, de los hábitats faunísticos del espacio protegido. Destacar que en el espacio protegido del Alto Sil se identifican tanto el Plan de recuperación para el oso pardo como una Zona de especial protección para el urogallo,

## 5.9. Paisaje

**Causas del impacto:** la afectación sobre el paisaje es debido a los cambios que se producen en relación con los principales parámetros que definen el mismo: vegetación, morfología, sobre el paisaje está en relación con la magnitud del impacto sobre cada uno de estos parámetros.

**Valoración del impacto:** analizando la afectación y valoración del impacto del proyecto sobre los principales parámetros que definen el paisaje, el impacto sobre este se considera **moderado**. No se producirá prácticamente alteración de la vegetación ni de la hidrología del ámbito de estudio, no obstante la ejecución de las obras sí que se producirán cambios en la fisiografía actual.

La balsa proyectada para la central hidroeléctrica se encuentra en una zona relativamente amplia, con pendientes suaves y dónde su diseño puede amoldarse a la geomorfología existente. Además, al situarse en una zonas culminares, sobre los Altos de Piedra de Lobo, la modificación de la geomorfología no será apreciable desde vistas externas ya que actualmente ya se trata de una zona amplia y llana no visible desde puntos de los valles colindantes, como el núcleo de Primout, al sur.

Por lo que se refiere al resto de las infraestructuras, las tuberías no serían visibles al estar enterradas. La central, en caso de realizarse en superficie, causará cierto impacto paisajístico aunque no se considera destacado al situarse en el fondo de un valle bastante cerrado y poco frecuentado.

## 5.10. Usos del suelo

**Causas del impacto:** el impacto sobre los usos del suelo se debe al cambio del uso del suelo de los terrenos que requieran las obras así como los que se requerirán para poder reubicar las tierras extraídas. También hay que considerar la ocupación temporal de aquellas superficies auxiliares de la obra, los depósitos de las tierras excavadas, etc.


**Valoración del impacto:** el impacto del proyecto en relación a los usos del suelo se ha valorado inicialmente como **leve**. La parte del proyecto que requiere una mayor ocupación de terreno sería la balsa y esta se situaría en una zona sin especial valor en relación a su aprovechamiento. Así mismo, las zonas de ocupación temporal tampoco tienen un valor específico y, además, estas podrán recuperar su uso primitivo una vez finalizadas las obras

## 5.11. Valoración de resultados

Dicha evaluación se ha llevado a cabo mediante la agrupación de los factores del medio afectado en dos grupos coherentes y compatibles.

De esta forma se pueden destacar que 5 impactos resultan moderados y 6 impactos se consideran leves.

De todas formas, es importante resaltar que los Impactos Moderados admiten la aplicación medidas correctoras y protectoras. Si se valora qué factores ambientales son los más susceptibles de recibir un mayor impacto ambiental debido a la ejecución de las acciones planteadas, se tiene que el ruido y las vibraciones, la geomorfología y geología, la vegetación, la fauna, el paisaje, la hidrología y la afección sobre los Espacios Naturales Protegidos van a ser los más perturbados, siendo estos los factores ambientales sobre los que se debe hacer un especial esfuerzo durante la planificación de medidas correctoras, protectoras y compensatorias, permitiendo reducir de forma considerable el coste ambiental total del proyecto.



# Anejo 9. Intereses Afectados

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## *ÍNDICE*

1. INTRODUCCIÓN Y DATOS DE PARTIDA.....	2
2. RELACIÓN DE MUNICIPIOS AFECTADOS .....	2
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TERRENOS AFECTADOS .....	2
4. RELACIÓN DE TERRENOS AFECTADOS.....	3
5. TIPOS DE AFECTACIÓN .....	3
6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS AFECTACIONES.....	3

## *ÍNDICE DE TABLAS*

Tabla 1. Relación de terrenos afectados (área) .....	3
Tabla 2. Valoración económica de las afectaciones.....	4



## **1. INTRODUCCIÓN Y DATOS DE PARTIDA**

Después de consultar la información de los datos catastrales disponibles en la sede electrónica del catastro se ha determinado que todas las distintas unidades constructivas se encuentran en suelo rústico.

En el presente anejo se han identificado y cuantificado las superficies que se verán afectadas por las instalaciones y se ha aproximado un presupuesto de expropiación según el grado de servidumbre. Queda fuera del estudio la realización del listado de las distintas parcelas afectadas por el proyecto. Será necesario realizar este estudio en el proyecto final.

## **2. RELACIÓN DE MUNICIPIOS AFECTADOS**

El presente anejo tiene por objeto identificar los terrenos (particulares o públicos) afectados por las instalaciones proyectadas.

Los Términos Municipales afectados son los siguientes:

- T.M. de Páramo del Sil, comarca del Bierzo, provincia de León.
- T.M. de Palacios de Sil, comarca del Bierzo, provincia de León.

## **3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TERRENOS AFECTADOS**

Para la identificación de los terrenos afectados por las instalaciones, incluyendo la determinación de superficie afectada, se ha subdividido dicha relación según las principales unidades constructivas descritas en el proyecto, siendo éstas:

- Balsa superior y camino nuevo
- Pozo salida cables, chimenea de equilibrio y subestación eléctrica
- Acceso a la central y a la subestación
- Toma del embalse de Matalavilla
- Línea eléctrica de 400 kV

En esta subdivisión no se contemplan las unidades constructivas subterráneas como son las galerías de alta y baja presión y central en caverna al no generar ningún tipo de afectación.

## 4. RELACIÓN DE TERRENOS AFECTADOS

A continuación muestra para cada una de las unidades constructivas su superficie afectada.

Unidad constructiva	Superficie afectada (m <sup>2</sup> )
Balsa superior y nuevo camino	368.596
Pozo salida de cables	62,5
Chimenea de equilibrio	453
Subestación eléctrica	7370
Acceso a la central y a la subestación	2862
Toma embalse Matalavilla	612
Línea eléctrica de 400kV	181.661
<b>TOTAL</b>	<b>561.617</b>

*Tabla 1. Relación de terrenos afectados (área)*

## 5. TIPOS DE AFECTACIÓN

Los tipos de afectación que generará las instalaciones proyectadas son:

- Expropiación permanente
- Servidumbre de vuelo: se generan unas zonas de servidumbre según el eje de la línea eléctrica con un ancho medio de 11 metros a cada lado.

## 6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS AFECTACIONES

Conocida la superficie afectada por las distintas unidades constructivas, emplazadas todas ellas en suelo rústico, se procede a la valoración económica de dicha afectación. El valor medio del suelo rústico en la zona se estima 11,5 €/m<sup>2</sup>, aplicándose como indemnización el 100% del precio medio estipulado para la superficie expropiada y el 10% de dicho valor para la superficie afectada por la servidumbre de vuelo.

A continuación se detalla para cada una de las unidades constructivas la superficie según tipo de afectación y su repercusión económica.

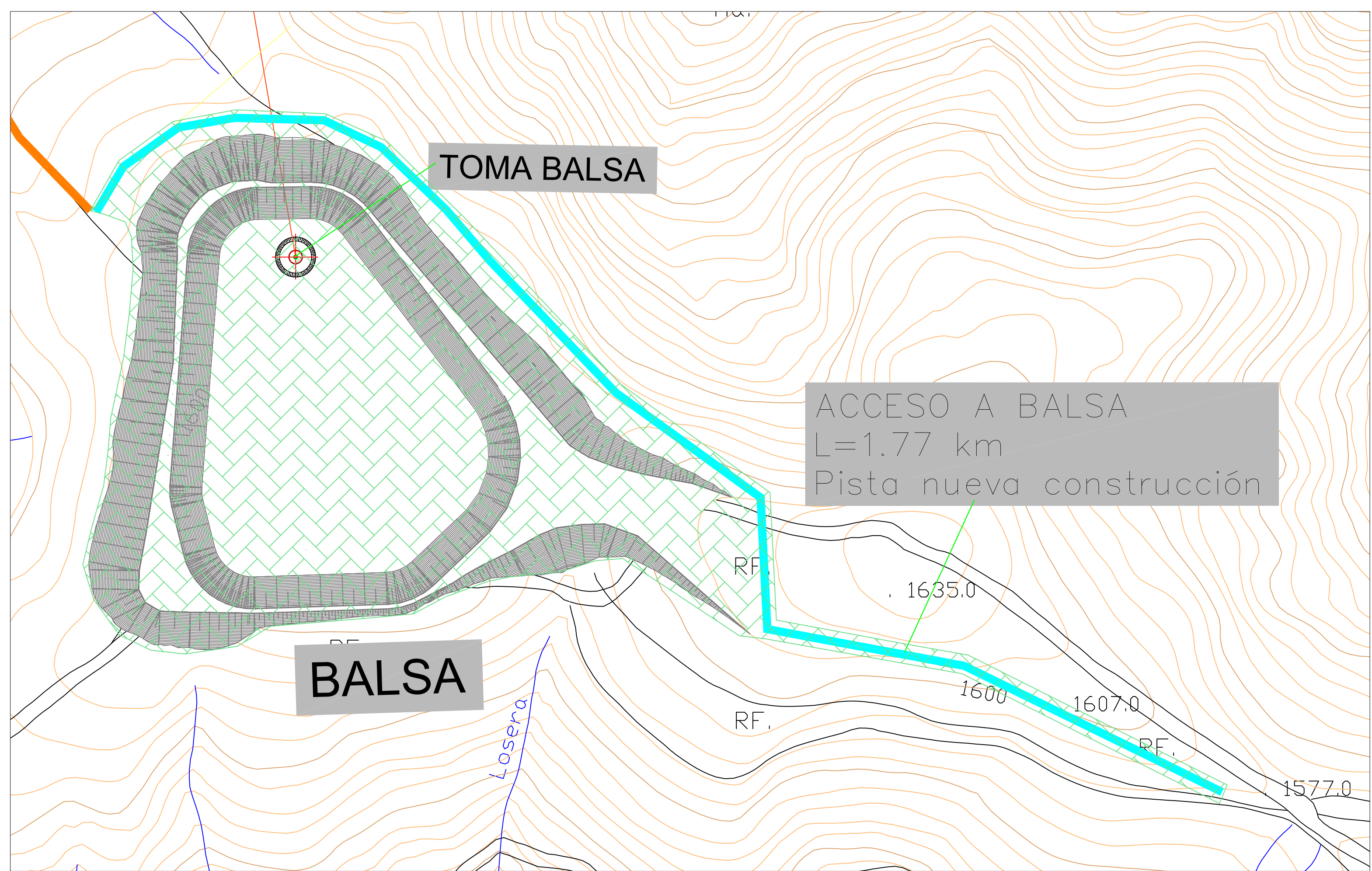
Unidad constructiva	Superficie afectada (m <sup>2</sup> )	Superficie expropiada (%)	Superficie servidumbre (%)	Repercusión económica (€)
Balsa superior y nuevo camino	368.596	100	-	4.238.856,5
Pozo salida de cables	62,5	100	-	718,3
Chimenea de equilibrio	453	100	-	5.208,6
Subestación eléctrica	7370	100	-	84.760,1
Acceso a la central y a la subestación	2862	100	-	32.907,4
Toma embalse Matalavilla	612	100	-	7038,8
Línea eléctrica de 400kV	181.661	2	98	246.514,1
<b>TOTAL</b>	<b>561.617</b>			<b>4.616.003,8</b>

*Tabla 2. Valoración económica de las afectaciones*

La valoración de las expropiaciones y servidumbres necesarias para la construcción del aprovechamiento hidroeléctrico reversible de Matalavilla - Saletinos se estima en CUATRO MILLONES SEISCIENTOS DIECISÉIS MIL Y TRES EUROS CON OCHO CÉNTIMOS (4.616.003,8€).

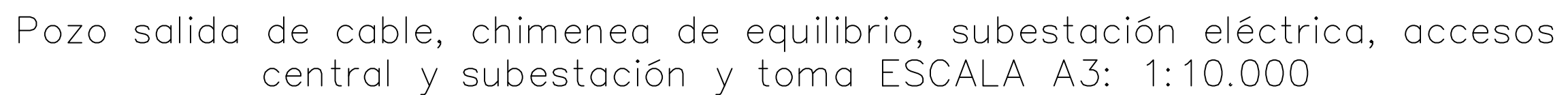
## **APÉNDICE 1**

Planos de Intereses afectados

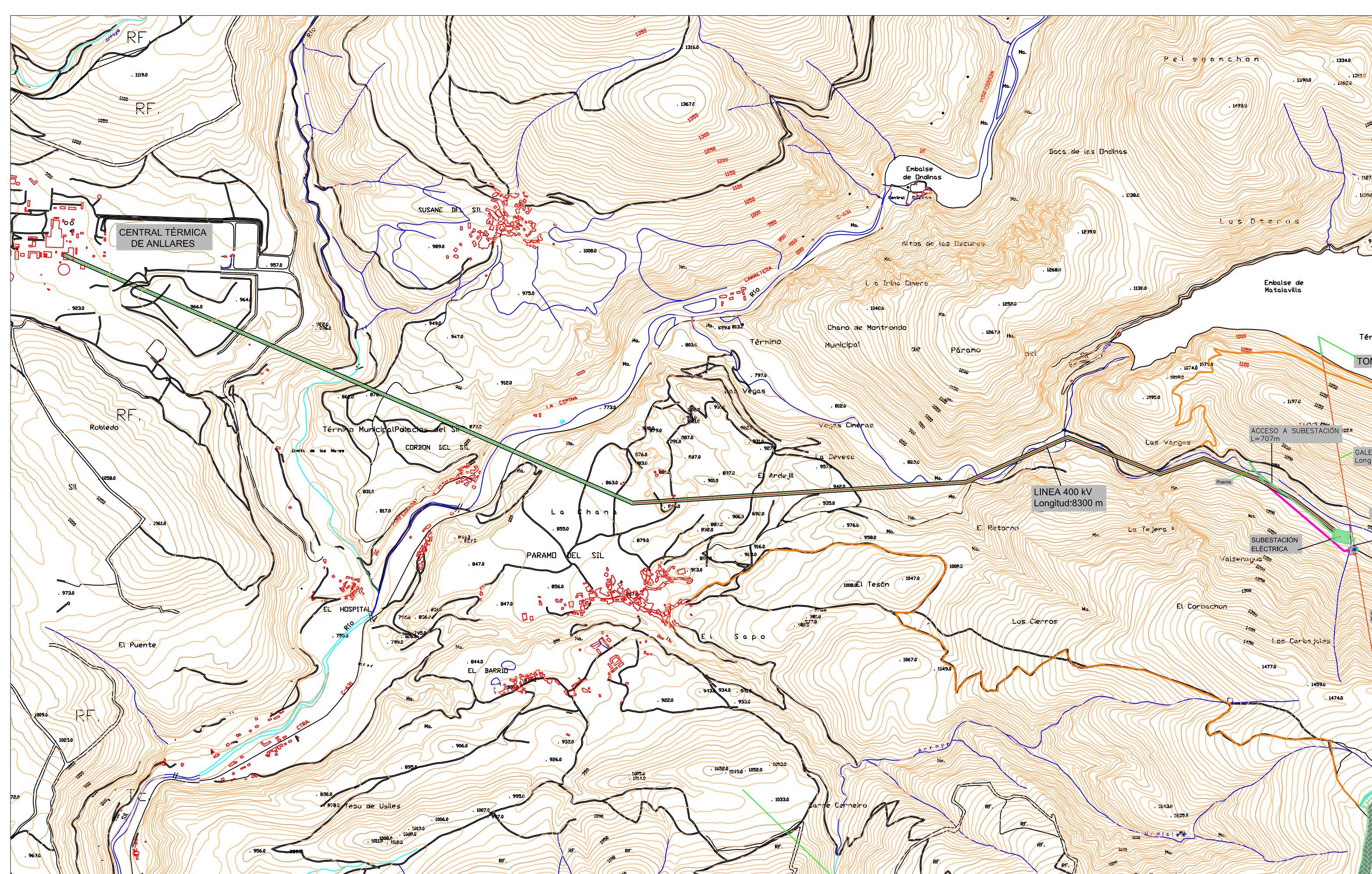


Balsa superior y nuevo camino  
ESCALA A3: 1:4000









Línea eléctrica de 400kV  
ESCALA A3: 1: 20.000





# Anejo 10. Procedimientos Constructivos

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. Balsa Superior .....	2
3. Obras subterráneas .....	3
4. Central .....	4
5. Subestación y línea .....	5
6. Reposiciones, finalización y puesta en marcha.....	5

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el presente anejo se describen de manera somera los procedimientos constructivos de las diferentes unidades de obra, incidiendo en las precedencias y condicionantes más destacables que se puedan dar entre diferentes unidades.

De acuerdo con el análisis realizado en el anejo de túneles, se prevé la construcción de éstos mediante excavación convencional, galería en mina.

De manera preliminar se procederá a la construcción de las instalaciones de obra y las instalaciones de túneles, para los que se prevén dos equipos de trabajo, así como el acondicionamiento de los accesos necesarios hasta la zona de la balsa.

Se prevén dos frentes principales de trabajo. El primero se inicia con la construcción de la balsa superior, la galería de la toma de la balsa, el pozo de válvulas de cierre y el pozo de la galería de presión, y el segundo desde la construcción del acceso a la caverna hasta la propia caverna.

Con posterioridad se atacará la galería de baja presión, la chimenea de equilibrio y la captación-restitución en el embalse inferior.

## **2. BALSA SUPERIOR**

La balsa superior, emplazada en el paraje denominado de la Campona, sitúa su base en cota 1588,50 msnm. Considerando que la cota máxima de la zona de implantación es la 1612, se deberán realizar desmontes de hasta 24 m de altura.

El volumen de tierras que se prevé excavar es de 1.800.000 m<sup>3</sup>. Considerando los volúmenes necesarios para la construcción del dique y de los rellenos adyacentes, el exceso de material previsto será de 354.000 m<sup>3</sup>, los cuales deberán ser transportados a vertedero.

Deberá emplearse maquinaria de alto tonelaje, previéndose un rendimiento diario en excavación de 1000 m<sup>3</sup>/h.

Se priorizará la excavación de explanada de la zona de ataque del pozo de la galería de alta presión, efectuándose la explanación de la totalidad de la superficie de cimentación de la balsa. Los materiales se acopiarán en la zona sureste de la misma, permitiendo de esta manera el inicio simultáneo de la excavación de la toma, el de la construcción del sistema de drenaje del vaso de la balsa y el del dique de la zona norte.

Para la construcción del dique, que podrá abordarse en varios frentes simultáneos, se prevé un rendimiento de 500 m<sup>3</sup>/h.

Paralelamente a la excavación del vaso se realizará la excavación del pozo de válvulas de cierre de la balsa, desde donde se ejecutará la galería de salida de la balsa hasta el pozo vertical.

A la finalización de la totalidad del dique ya se habrán concluido tanto el pozo de válvulas de cierre de la balsa y la totalidad de la galería de alta presión como el emboquille de la misma, por lo que se podrá iniciar la tarea de impermeabilización, colocación de lastres, afirmado del camino perimetral de coronación de la balsa, reposición ambiental y vallado.

### **3. OBRAS SUBTERRÁNEAS**

Para la construcción de esta unidad se ha optado por su realización en mina. En el anexo de túneles se justifica el no empleo de tuneladora en esta obra, fundamentado en la escasa longitud del túnel, factor determinante para la amortización de este tipo de maquinaria.

Para la excavación de todos los túneles se ha presupuesto pizarras correspondientes a una roca media, previéndose la intervención de dos equipos trabajando 24 h y siete días a la semana.

Los plazos se han determinado en base a cálculos estadísticos de construcciones de túneles de diámetros y revestimientos similares.

Las dos galerías se prevén excavadas con sección en herradura para permitir el tráfico y cruce de la maquinaria de trabajo. La pendiente máxima de las galerías es del 22%, correspondiente a la galería de alta presión, pendiente que puede ser superada con facilidad por la maquinaria a emplear. Las galerías contarán con revestimiento de hormigón armado y con blindaje de acero, de espesor variable en función del estado tensional de cada tramo del túnel, pero nunca inferior a 2 cm.

El primer equipo iniciará los trabajos de excavación del túnel carretero, de dimensiones 8 x 10 m, mientras que el segundo equipo iniciará la excavación del pozo de válvulas de salida de la balsa, siguiendo con la ejecución del pozo vertical y la galería de alta presión.

La excavación del pozo se realizará desde el exterior de la zona de la balsa, por lo que se preverá un sistema de extracción de material de tipo cangilones o similar, así como sistemas de izado para maquinaria y personal. El sostenimiento definitivo avanzará dos o tres frentes de voladura por detrás.

Acabadas las tareas del túnel carretero, el primer equipo pasará a excavar la caverna, mientras que el segundo seguirá con las obras de ejecución de la galería de alta

presión. La excavación de la galería de alta presión se realizará desde la parte superior, es decir, desde la base del pozo, por lo que la retirada del material de excavación se efectuará por el mismo sistema de elevación que el empleado en la construcción del pozo. En las primeras voladuras de avance deberá retirarse la maquinaria de perforación. La caverna se concluirá unos 12 meses antes que el túnel de alta presión, por lo que este primer equipo pasaría a la construcción de la galería de baja presión, la cual se iniciaría desde la propia caverna. La conexión entre la caverna y las dos galerías necesitará una serie de túneles auxiliares que permitan los accesos a los diferentes niveles.

Aproximadamente con un mes de diferencia se concluirían las obras de ambas galerías. El primer equipo se encargará del pozo de compuertas de la captación del embalse inferior, mientras que el segundo equipo ejecutará el pozo de salida de cables de la caverna y la chimenea de equilibrio.

La galería de baja presión deberá concluirse (enlazar con el embalse de Matalavilla) con posterioridad a la construcción de la torre de compuertas, de manera que en caso necesario las compuertas puedan cerrar el circuito.

Para la construcción de la obra de captación deberá preverse el mantenimiento del embalse de Matalavilla en cota inferior a la 900 msnm, de manera que puedan realizarse las obras en seco.

Igualmente deberá haberse realizado con anterioridad el acceso hasta el frente de ataque de esta unidad y la ataguía de seguridad para la contención de las aguas del embalse, prevista inicialmente hasta la cota 913 msnm. Cabe destacar que para la realización de la obra de captación podría elegirse el momento más conveniente en función de la explotación del embalse, sin depender del resto de la obra, siendo el único condicionante la existencia del acceso a esta zona y la conclusión de la torre de compuertas.

Se instalarán dos plantas de hormigón, una en la zona de la balsa superior y otra en la zona de la caverna, con una capacidad mínima de 15 m<sup>3</sup>/h la superior y de 50 m<sup>3</sup>/h la inferior.

## **4. CENTRAL**

Una vez concluidas las excavaciones de la caverna se iniciarán los revestimientos de hormigón armado de las mismas. Se preverán los espacios de segunda fase para acoger las diferentes piezas de las turbinas y alternadores que irán embebidas en el hormigón.



Las instalaciones de calderería se irán entrando en la central por el túnel carretero, cuyas dimensiones de 8 x 10 m permitirán la entrada de todas las piezas que integran los equipos. La instalación del puente grúa permitirá realizar las maniobras de acoplamiento de las diferentes piezas y equipos.

En función de los avances de instalación de los diferentes segmentos se realizarán los hormigonados correspondientes.

## **5. SUBESTACIÓN Y LÍNEA**

Los trabajos referidos a esta sección pueden abordarse de modo independiente al resto de las obras.

Para la construcción de la línea se seguirá el procedimiento normal para este tipo de obras: preparación de accesos, limpieza y desbroce del corredor, alzamiento de los apoyos, instalación de conductores y conexión con la central y el punto de entrega, en este caso en la central térmica de Anllares.

En lo relativo a la subestación, será preciso concluir previamente el puente sobre el río Salentinos y el acceso desde la carretera hasta la zona de ubicación. Una vez acondicionado éste se procederá a la explanación de la zona de subestación, construcción de las cimentaciones y obras civiles accesorias e instalación de los diferentes elementos que integran la subestación, conectándola finalmente a la línea y a los transformadores de la central.

## **6. REPOSICIONES, FINALIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA**

Las afecciones creadas por la balsa superior deberán ser repuestas, concretamente el camino forestal en la zona de La Campona, que deberá rehacerse para permitir su continuidad. Estas reposiciones podrán irse realizando en función de la terminación de las diferentes unidades de obra que las hayan generado.

Una vez puesta en carga la central desde el embalse de Matalavilla, se iniciarán las pruebas de funcionamiento y el arranque de la central. Las pruebas de funcionamiento comenzarán en el momento en que se verifique que todas las obras de carácter funcional están concluidas.



# Anejo 11.

# Plan de Obra

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## *ÍNDICE*

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CONCEPTOS UTILIZADOS PARA LA CONCEPCIÓN DEL PLAN .....	2
3. PLAZO DE EJECUCIÓN .....	2
4. DIAGRAMA DE BARRAS .....	2

## **1. INTRODUCCIÓN**

El objeto del presente anejo es calcular el tiempo apropiado para realizar las obras descritas en este anteproyecto, en función de los medios mecánicos y humanos que normalmente se encuentran a disposición del contratista.

## **2. CONCEPTOS UTILIZADOS PARA LA CONCEPCIÓN DEL PLAN**

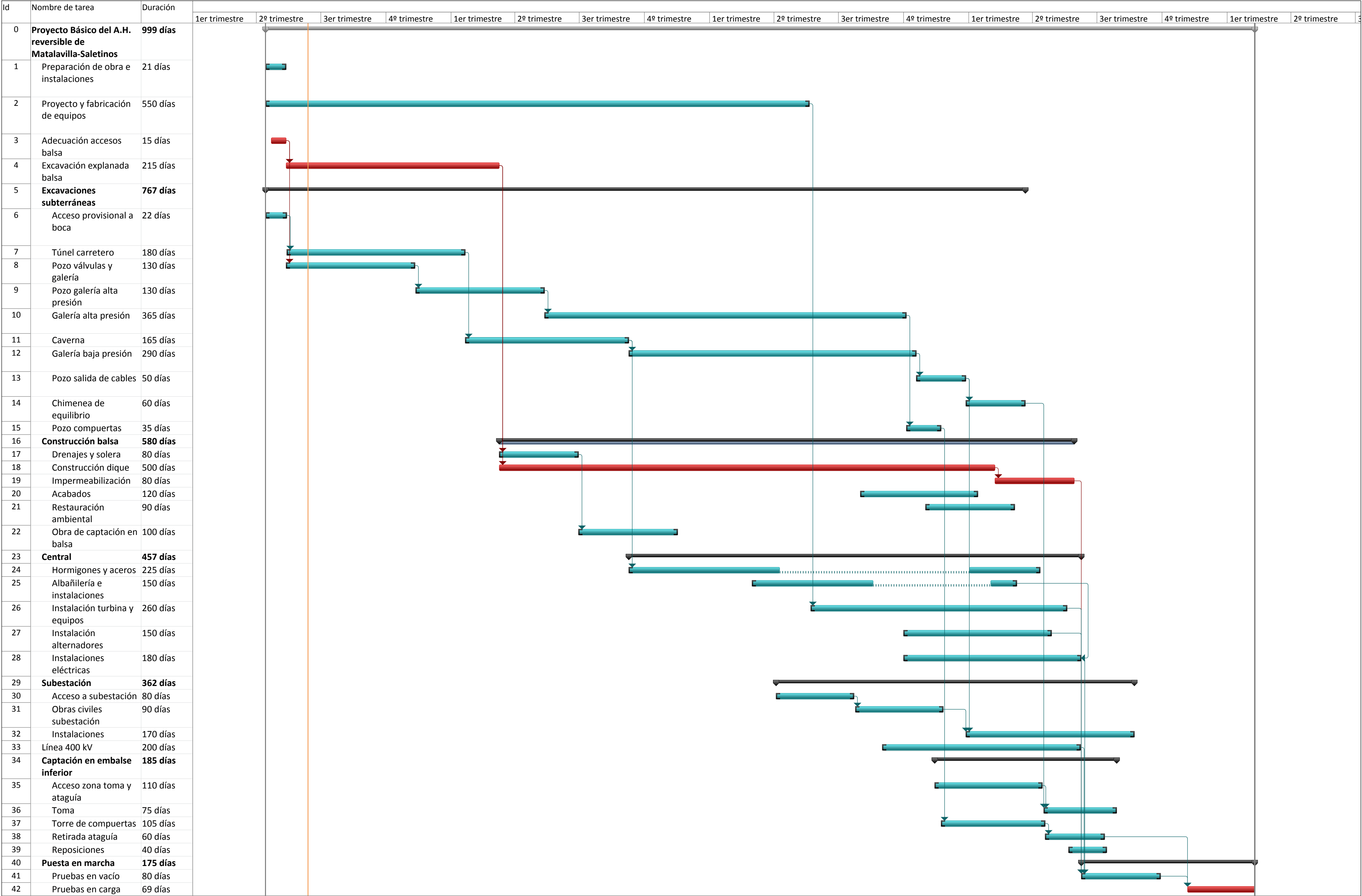
En primer lugar y a partir de las mediciones del proyecto, se ha calculado la duración de las diferentes actividades que componen la obra, en base a unos rendimientos tipo, con la suficiente holgura para que se pueda realizar en ese tiempo aunque se puedan encontrar irregularidades debidas a las condiciones meteorológicas adversas para la obra, solapando las actividades que lo permitan y a partir del momento en que se puedan solapar, teniendo en cuenta en todo momento en la obra una actividad de equipos humanos y maquinaria que no exceda las pautas de seguridad por trabajo simultaneo.

## **3. PLAZO DE EJECUCIÓN**


El plazo de ejecución resultante del análisis de actividades mencionado en el párrafo anterior resulta de 59 meses, en los que se podrán llevar a cabo las obras contenidas en el presente proyecto.

## **4. DIAGRAMA DE BARRAS**

Se adjunta el cuadro procedente donde se esquematizan los diferentes procesos y su plazo de ejecución.







# Anejo 12. Estudio de Rentabilidad

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---



## *ÍNDICE*

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. METODOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD .....	3
3. RESULTADOS DE LA RENTABILIDAD .....	4
4. RENTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	5

## *ÍNDICE DE TABLAS*

Tabla 1. Potencias y costes de inversión de las Alternativas A y B.....	2
Tabla 2. Resultados Estudio de Rentabilidad.....	4
Tabla 3. Estudio de Rentabilidad Solución Adoptada.....	5

## 1. INTRODUCCIÓN

A continuación se procede a efectuar un análisis de la rentabilidad del proyecto. Se entiende como rentable aquella inversión en la que el valor de los rendimientos que proporciona es superior al de los recursos que utiliza.

Para determinar la rentabilidad de una inversión, o para decidir entre varias inversiones alternativas en términos de rentabilidad, se emplean indicadores de rentabilidad tales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), la relación Beneficio/Costo (VAN/Inversión inicial) o el periodo de retorno (PAY BACK).

En el presente proyecto, tal y como se muestra en el Anejo 2 de Estudio de Alternativas, se han contemplado dos posibles alternativas (A y B) relativas a la forma y capacidad del embalse superior del aprovechamiento, alternativas que se han tenido en cuenta en todos los apartados de cálculo del proyecto. Después de presupuestar cada alternativa, se ha realizado un estudio económico para poder seleccionar la más rentable y la que suponga una inversión más segura.

Para comparar las diferentes alternativas se han contemplado diferentes escenarios futuros en relación a las diferencias entre los precios de bombeo y turbinación.

Las características principales de las dos alternativas son las siguientes:

Alternativa A		TURBINA	BOMBA
<b>Potencia</b>	<b>MW</b>	450	406
<b>Utilización anual</b>	horas/año	1.690	2.366
Producción/Consumo	GWh/año	760,50	974,79
<b>INVERSIÓN</b>	<b>M€</b>	<b>325,55</b>	

Alternativa B		TURBINA	BOMBA
<b>Potencia</b>	<b>MW</b>	715	646
<b>Utilización anual</b>	horas/año	1.690	2.366
Producción/Consumo	GWh/año	1.208,35	1.528,44
<b>INVERSIÓN</b>	<b>M€</b>	<b>510,91</b>	

*Tabla 1. Potencias y costes de inversión de las Alternativas A y B*

Los escenarios considerados son los siguientes:

Precios de la energía		Turbina	Bomba
Optimista	€/MWh	140,00	40,00
Medio	€/MWh	120,00	40,00
Pesimista	€/MWh	80,00	40,00

## 2. METODOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

El **Valor Actual Neto (VAN)** resulta de sumar los flujos de fondos (cash flow) que tienen lugar durante el horizonte de la inversión, incluyendo el desembolso inicial, actualizados al momento inicial de la inversión según una tasa determinada.

La regla de decisión es  $VAN > 0$  que implica que el proyecto es rentable y  $VAN < 0$  implica que el proyecto no es rentable. El VAN mide la rentabilidad en términos absolutos.

Si una inversión, a lo largo de su vida útil genera una rentabilidad superior al tipo de interés corriente consideraremos acertada la inversión. El mejor indicador de esta relación es la **Tasa Interna de Rentabilidad**. La TIR es la tasa de actualización que para un proyecto de inversión determinado hace que su VAN sea nulo. La regla de decisión es aceptar como rentables los proyectos con  $TIR > i$  siendo  $i$  la tasa de interés prevaleciente en el mercado financiero.

Otro parámetro que permite evaluar el aprovechamiento desde el punto de vista económico es la relación de **Beneficio/Coste (VAN/Inversión)** que, como su nombre indica, es la relación entre los valores actualizados de las corrientes de beneficios y de los costes.

También es importante analizar el tiempo que habrá de transcurrir hasta que la inversión haya generado suficientes ingresos para recuperar el desembolso inicial. Se trata de un criterio de liquidez y el indicador más práctico para determinar esta fecha es el **Período de Retorno (PAY BACK)**. El Periodo de Retorno es el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial a partir de los flujos de caja del proyecto.

### 3. RESULTADOS DE LA RENTABILIDAD

Tras realizar los estudios de rentabilidad (consultar el Apéndice 1) para cada una de las alternativas en los diferentes escenarios se obtienen los siguientes resultados:

	Optimista	Medio	Pesimista	
TIR (50 años)*	17,52%	13,72%	5,60%	Alt. A
VAN (50 años)**	698	475	29	
Beneficio/Costo	2,14	1,46	0,09	
TIR (50 años)*	16,57%	12,88%	4,87%	Alt. B
VAN (50 años)**	1.008	669	-10	
Beneficio/Costo	1,97	1,31	-0,02	
	Optimista	Medio	Pesimista	

#### Precios de energía

		Turbina	Bomba
Optimista	€/MWh	140,00	40,00
Medio	€/MWh	120,00	40,00
Pesimista	€/MWh	80,00	40,00

\* después de impuestos

\*\* en Millones de €

*Tabla 2. Resultados Estudio de Rentabilidad*

Los criterios de evaluación más utilizados son el índice Beneficio/Costo (VAN/Inversión) y la TIR, que indican la rentabilidad positiva cuando el valor del parámetro es mayor a 1 o mayor que el coste del dinero para la empresa promotora, respectivamente, mientras que el VAN suele utilizarse con más frecuencia en los estudios financieros.

Como se puede observar, la Alternativa B nos da valores absolutos del VAN mayores que la Alternativa A, tal y como sería de esperar, al representar la Alternativa B una solución de embalse de dimensiones notablemente mayores, y por lo tanto con una potencia de generación mayor en comparación a la Alternativa A.

La Alternativa A presenta mejores valores relativos de TIR y de Beneficio/Costo (VAN/Inversión) que la Alternativa B. Además en el escenario pesimista la Alternativa B presenta un valor de VAN negativo, lo que significa un mayor riesgo.

En estas condiciones, escogeremos la **Alternativa A**, que además tendrá un impacto ambiental menor que la Alternativa B con unas dimensiones de embalse menores.

#### 4. RENTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En la tabla siguiente se pueden ver los resultados del estudio de rentabilidad de la Alternativa A, para el escenario medio (el esperado).

CENTRAL BOMBEO DE MATALAVILLA (Alt. A MEDIO)						
DATOS FUNCIONALES						
		TURBINA	BOMBA	OBSERVACIONES		
Potencia	MW	450	406	<div>Rendimiento global 79,17 %</div>		
Utilización anual	horas/año	1.690	2.366			
Producción/Consumo	GWh/año	760,50	960,60			
PRECIO Energía (€/MWh)	€/MWh	120,00	40,00			
INVERSIÓN	M€	325,55				
DATOS ECONÓMICOS						
AÑO ESTUDIO	2014				OBSERVACIONES	
IPC ( % )			2,0	%		
IPE ( % )	IPC-	0,00	2,0	%		
Amortización contable			30	años		
Tasa Nominal			5	%		
Impuesto Sociedades			30	%		
COSTES O y M	Costes unitarios		Costes anuales			
Canon Concesional	0,00		0,00	M€		
Otros Canones	0,00		0,00	M€		
Gastos explotación fijos	2,50	€/kW	1,13	M€		
Gastos explotación variables	0,0010	€/kWh	1,82	M€		
Gastos de administración y gestión	0,30	€/MWh	0,53	M€		
Seguros	0,002	% /inversión	0,65	M€		
RESULTADOS ECONÓMICOS						
T.I.R. Inversión (50 años)	antes de impuestos		18,70%			
T.I.R. inversión (50 años)	después de impuestos		13,72%			
VAN (50 años)	antes de impuestos		768	M€		
VAN (50 años)	después de impuestos		475	M€		

Tabla 3. Estudio de Rentabilidad Solución Adoptada

En el Apéndice 1 se muestran todas las hojas de cálculo utilizadas para realizar el estudio de rentabilidad de cada alternativa.

En concreto, se puede comprobar que el **PAYBACK es de 8 años**, es decir que la inversión inicial se recuperaría a partir del octavo año desde la puesta en funcionamiento del bombeo.

Con los resultados obtenidos podemos afirmar que el proyecto es rentable.

El proyecto tiene además un valor añadido, al tratarse de una central de energía renovable.



## Anejo 12. Estudio de Rentabilidad

### **APÉNDICE 1**

Hojas de Cálculo del Estudio de Rentabilidad para las Alternativas A y B, para los escenarios Optimista, Medio y Pesimista

CENTRAL BOMBEO DE MATALAVILLA (Alt. A OPTIMISTA)											
DATOS FUNCIONALES											
		TURBINA		BOMBA		OBSERVACIONES					
Potencia	MW	450		406		<div>Rendimiento global</div> <div>79,17 %</div>					
Utilización anual	horas/año	1.690		2.366							
Producción/Consumo		GWh/año		760,50						960,60	
PRECIO Energía (€/MWh)		€/MWh		140,00						40,00	
INVERSIÓN		M€		325,55							
DATOS ECONOMICOS											
AÑO ESTUDIO		2014					OBSERVACIONES				
IPC ( % )				2,0		%					
IPE ( % )		IPC-		0,00		2,0				%	
Amortización contable				30		años					
Tasa Nominal				5		%					
Impuesto Sociedades				30		%					
COSTES O y M		Costes unitarios		Costes anuales							
Canon Concesional		0,00		0,00						M€	
Otros Canones		0,00		0,00						M€	
Gastos explotación fijos		2,50 €/kW		1,13						M€	
Gastos explotación variables		0,0010 €/kWh		1,82						M€	
Gastos de administración y gestión		0,30 €/MWh		0,53						M€	
Seguros		0,002 % /inversión		0,65						M€	
RESULTADOS ECONÓMICOS											
T.I.R. Inversión (50 años)		antes de impuestos				24,08%		M€			
T.I.R. inversión (50 años)		después de impuestos				17,52%					
VAN (50 años)		antes de impuestos				1.087					
VAN (50 años)		después de impuestos				698					

Notas:  
Introducir valores solo en celdas



AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CUENTA EXPLOTACION	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025,00	2.026	2.027	2.028	2.029
INGRESOS (M€)																
Energía vendida a la red	GWh/año	860,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
Energía comprada a la red	GWh/año	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
IPE (%)		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
IPE ACUMULADO	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37
Ingresos venta energía (M€/año)	120	121,7	121,7	121,8	121,8	121,8	121,9	121,9	121,9	121,9	122,0	122,0	122,0	122,1	122,1	122,1
Costes compra Energía (M€/año)	- 38	- 38,8	- 38,8	- 38,8	- 38,8	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 39,0
INGRESOS NETOS (M€/año)	82,05	82,90	82,92	82,93	82,95	82,97	82,99	83,01	83,03	83,05	83,07	83,09	83,11	83,13	83,15	83,17
GASTOS (M€)																
Gastos explotación fijos	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,34	1,37	1,40	1,43	1,46	1,48	1,51
Gastos explotación variables	1,82	1,86	1,89	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,18	2,22	2,26	2,31	2,36	2,40	2,45
Canon Concesional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Canones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Seguros	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88
Gastos administración	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,61	0,62	0,63	0,64	0,66	0,67	0,68	0,70	0,71
TOTAL GASTOS OPEX (M€/año)	4,13	4,21	4,29	4,38	4,47	4,55	4,65	4,74	4,83	4,93	5,03	5,13	5,23	5,34	5,44	5,55
MARGEN EXPLOTACION (M€/año)																
	78,69	78,62	78,56	78,49	78,42	78,34	78,27	78,19	78,12	78,04	77,96	77,88	77,79	77,71	77,62	
CASH FLOW BRUTO (M€)																
	-325,55	78,69	78,62	78,56	78,49	78,42	78,34	78,27	78,19	78,12	78,04	77,96	77,88	77,79	77,71	77,62
AMORTIZACION LEGAL																
	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85
BENEFICIO BRUTO (M€/año)		67,84	67,77	67,70	67,63	67,56	67,49	67,42	67,34	67,26	67,19	67,11	67,02	66,94	66,86	66,77
	0,00															
IMPUESTO sociedades	30,00 %	21,33	21,31	21,29	21,27	21,25	21,22	21,20	21,18	21,16	21,13	21,11	21,08	21,06	21,03	21,01
BENEFICIO NETO		46,51	46,46	46,42	46,37	46,32	46,27	46,22	46,16	46,11	46,05	46,00	45,94	45,88	45,82	45,76
CASH FLOW NETO		-325,55	57,36	57,32	57,27	57,22	57,17	57,12	57,07	57,01	56,96	56,90	56,85	56,79	56,73	56,61
CF ACUMULADO		-325,55	-268,19	-210,87	-153,60	-96,38	-39,21	17,91	74,97	131,99	188,95	245,85	302,70	359,49	416,23	529,51

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2.030	2.031	2.032	2.033	2.034	2.035	2.036	2.037	2.038	2.039	2.040	2.041	2.042	2.043	2.044	2.045	2.046	2.047	2.048	2.049
760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1,40	1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04
122,2	122,2	122,2	122,3	122,3	122,3	122,4	122,4	122,4	122,5	122,5	122,6	122,6	122,7	122,7	122,7	122,8	122,8	122,9	122,9
- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,2	- 39,2	- 39,2	- 39,2
83,20	83,22	83,24	83,27	83,29	83,31	83,34	83,37	83,39	83,42	83,45	83,47	83,50	83,53	83,56	83,59	83,62	83,65	83,69	83,72
1,54	1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,77	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16	2,21	2,25
2,50	2,55	2,60	2,65	2,71	2,76	2,82	2,87	2,93	2,99	3,05	3,11	3,17	3,23	3,30	3,36	3,43	3,50	3,57	3,64
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16	1,18	1,20	1,23	1,25	1,28	1,30
0,73	0,74	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06
5,66	5,78	5,89	6,01	6,13	6,25	6,38	6,51	6,64	6,77	6,90	7,04	7,18	7,33	7,47	7,62	7,77	7,93	8,09	8,25
77,53	77,44	77,35	77,26	77,16	77,06	76,96	76,86	76,76	76,65	76,54	76,43	76,32	76,21	76,09	75,97	75,85	75,72	75,60	75,47
77,53	77,44	77,35	77,26	77,16	77,06	76,96	76,86	76,76	76,65	76,54	76,43	76,32	76,21	76,09	75,97	75,85	75,72	75,60	75,47
10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
66,68	66,59	66,50	66,40	66,31	66,21	66,11	66,01	65,90	65,80	65,69	65,58	65,47	65,35	65,24	75,97	75,85	75,72	75,60	75,47
20,98	20,95	20,93	20,90	20,87	20,84	20,81	20,78	20,75	20,72	20,68	20,65	20,62	20,58	20,55	22,79	22,75	22,72	22,68	22,64
45,70	45,64	45,57	45,51	45,44	45,37	45,30	45,23	45,16	45,08	45,01	44,93	44,85	44,77	44,69	53,18	53,09	53,01	52,92	52,83
56,55	56,49	56,42	56,36	56,29	56,22	56,15	56,08	56,01	55,93	55,86	55,78	55,70	55,62	55,54	53,18	53,09	53,01	52,92	52,83
586,06	642,55	698,97	755,33	811,62	867,84	924,00	980,08	1036,09	1092,02	1147,88	1203,66	1259,36	1314,99	1370,53	1423,71	1476,80	1529,81	1582,73	1635,56

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
2.050	2.051	2.052	2.053	2.054	2.055	2.056	2.057	2.058	2.059	2.060	2.061	2.062	2.063	2.064	2.065	2.066	2.067	2.068	2.069
760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,08	2,12	2,16	2,21	2,25	2,30	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,69	2,75	2,80	2,86	2,91	2,97	3,03
123,0	123,0	123,1	123,1	123,2	123,2	123,3	123,3	123,4	123,5	123,5	123,6	123,6	123,7	123,8	123,8	123,9	124,0	124,1	124,1
- 39,2	- 39,2	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,6	- 39,6
83,75	83,79	83,82	83,86	83,89	83,93	83,97	84,01	84,05	84,09	84,13	84,17	84,21	84,25	84,30	84,34	84,39	84,44	84,48	84,53
2,29	2,34	2,39	2,44	2,48	2,53	2,58	2,64	2,69	2,74	2,80	2,85	2,91	2,97	3,03	3,09	3,15	3,21	3,28	3,34
3,71	3,79	3,86	3,94	4,02	4,10	4,18	4,27	4,35	4,44	4,53	4,62	4,71	4,81	4,90	5,00	5,10	5,20	5,31	5,41
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,33	1,35	1,38	1,41	1,44	1,47	1,50	1,53	1,56	1,59	1,62	1,65	1,68	1,72	1,75	1,79	1,82	1,86	1,90	1,93
1,08	1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,31	1,34	1,37	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57
8,42	8,58	8,76	8,93	9,11	9,29	9,48	9,67	9,86	10,06	10,26	10,46	10,67	10,89	11,10	11,33	11,55	11,78	12,02	12,26
75,34	75,20	75,07	74,93	74,78	74,64	74,49	74,34	74,19	74,03	73,87	73,71	73,54	73,37	73,19	73,02	72,84	72,65	72,46	72,27
75,34	75,20	75,07	74,93	74,78	74,64	74,49	74,34	74,19	74,03	73,87	73,71	73,54	73,37	73,19	73,02	72,84	72,65	72,46	72,27
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
75,34	75,20	75,07	74,93	74,78	74,64	74,49	74,34	74,19	74,03	73,87	73,71	73,54	73,37	73,19	73,02	72,84	72,65	72,46	72,27
22,60	22,56	22,52	22,48	22,44	22,39	22,35	22,30	22,26	22,21	22,16	22,11	22,06	22,01	21,96	21,91	21,85	21,80	21,74	21,68
52,74	52,64	52,55	52,45	52,35	52,25	52,14	52,04	51,93	51,82	51,71	51,59	51,48	51,36	51,24	51,11	50,99	50,86	50,73	50,59
52,74	52,64	52,55	52,45	52,35	52,25	52,14	52,04	51,93	51,82	51,71	51,59	51,48	51,36	51,24	51,11	50,99	50,86	50,73	50,59
1688,29	1740,93	1793,48	1845,93	1898,28	1950,53	2002,67	2054,71	2106,64	2158,46	2210,17	2261,76	2313,24	2364,60	2415,83	2466,94	2517,93	2568,79	2619,51	2670,10

CENTRAL BOMBEO DE MATALAVILLA (Alt. A MEDIO)						
DATOS FUNCIONALES						
		TURBINA	BOMBA	OBSERVACIONES		
Potencia	MW	450	406	<div>Rendimiento global</div> <div>79,17 %</div>		
Utilización anual	horas/año	1.690	2.366			
Producción/Consumo	GWh/año	760,50	960,60			
PRECIO Energía (€/MWh)	€/MWh	120,00	40,00			
INVERSIÓN		M€	325,55			
DATOS ECONOMICOS						
ANO ESTUDIO		2014			OBSERVACIONES	
IPC ( % )			2,0	%		
IPE ( % )	IPC-	0,00	2,0	%		
Amortización contable			30	años		
Tasa Nominal			5	%		
Impuesto Sociedades			30	%		
COSTES O y M		Costes unitarios		Costes anuales		
Canon Concesional	0,00	€/kW €/kWh €/MWh % /inversión	0,00	M€		
Otros Canones	0,00		0,00	M€		
Gastos explotación fijos	2,50		1,13	M€		
Gastos explotación variables	0,0010		1,82	M€		
Gastos de administración y gestión	0,30		0,53	M€		
Seguros	0,002		0,65	M€		
RESULTADOS ECONÓMICOS						
T.I.R. Inversión (50 años)		antes de impuestos		18,70%	<div>M€</div>	
T.I.R. inversión (50 años)		después de impuestos		13,72%		
VAN (50 años)		antes de impuestos		768		
VAN (50 años)		después de impuestos		475		

Notas:

Introducir valores solo en celdas

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CUENTA EXPLOTACION	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025,00	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
INGRESOS (M€)																	
Energía vendida a la red	GWh/año	860,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
Energía comprada a la red	GWh/año	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
IPE (%)		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
IPE ACUMULADO	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37	1,40
Ingresos venta energía (M€/año)	103	104,3	104,4	104,4	104,4	104,4	104,4	104,5	104,5	104,5	104,5	104,6	104,6	104,6	104,6	104,7	104,7
Costes compra Energía (M€/año)	- 38	- 38,8	- 38,8	- 38,8	- 38,8	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 39,0	- 39,0
INGRESOS NETOS (M€/año)	64,84	65,51	65,52	65,54	65,55	65,57	65,58	65,60	65,61	65,63	65,64	65,66	65,67	65,69	65,71	65,73	65,74
GASTOS (M€)																	
Gastos explotación fijos	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,34	1,37	1,40	1,43	1,46	1,48	1,51	1,54
Gastos explotación variables	1,82	1,86	1,89	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,18	2,22	2,26	2,31	2,36	2,40	2,45	2,50
Canon Concesional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Canones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Seguros	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88	0,89
Gastos administración	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,61	0,62	0,63	0,64	0,66	0,67	0,68	0,70	0,71	0,73
TOTAL GASTOS OPEX (M€/año)	4,13	4,21	4,29	4,38	4,47	4,55	4,65	4,74	4,83	4,93	5,03	5,13	5,23	5,34	5,44	5,55	5,66
MARGEN EXPLOTACION (M€/año)		61,30	61,23	61,16	61,09	61,01	60,93	60,86	60,78	60,70	60,61	60,53	60,44	60,35	60,27	60,17	60,08
CASH FLOW BRUTO (M€)	-325,55	61,30	61,23	61,16	61,09	61,01	60,93	60,86	60,78	60,70	60,61	60,53	60,44	60,35	60,27	60,17	60,08
AMORTIZACION LEGAL		10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85
BENEFICIO BRUTO (M€/año)		50,45	50,38	50,31	50,23	50,16	50,08	50,01	49,93	49,84	49,76	49,68	49,59	49,50	49,41	49,32	49,23
IMPUESTO sociedades	30,00 %	16,11	16,09	16,07	16,05	16,02	16,00	15,98	15,95	15,93	15,91	15,88	15,85	15,83	15,80	15,77	15,75
BENEFICIO NETO		34,34	34,29	34,24	34,19	34,14	34,08	34,03	33,97	33,91	33,86	33,80	33,74	33,68	33,61	33,55	33,48
CASH FLOW NETO	-325,55	45,19	45,14	45,09	45,04	44,99	44,93	44,88	44,82	44,77	44,71	44,65	44,59	44,53	44,46	44,40	44,34
CF ACUMULADO	-325,55	-280,36	-235,22	-190,13	-145,09	-100,10	-55,17	-10,29	34,54	79,30	124,01	168,66	213,25	257,77	302,24	346,64	390,97

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.031	2.032	2.033	2.034	2.035	2.036	2.037	2.038	2.039	2.040	2.041	2.042	2.043	2.044	2.045	2.046	2.047	2.048	2.049	2.050
760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08
104,7	104,8	104,8	104,8	104,9	104,9	104,9	105,0	105,0	105,0	105,1	105,1	105,1	105,2	105,2	105,2	105,3	105,3	105,4	105,4
- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,2	- 39,2	- 39,2	- 39,2	- 39,2
65,76	65,78	65,80	65,82	65,84	65,86	65,88	65,90	65,92	65,94	65,96	65,99	66,01	66,03	66,06	66,08	66,11	66,13	66,16	66,19
1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,77	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16	2,21	2,25	2,29
2,55	2,60	2,65	2,71	2,76	2,82	2,87	2,93	2,99	3,05	3,11	3,17	3,23	3,30	3,36	3,43	3,50	3,57	3,64	3,71
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16	1,18	1,20	1,23	1,25	1,28	1,30	1,33
0,74	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08
5,78	5,89	6,01	6,13	6,25	6,38	6,51	6,64	6,77	6,90	7,04	7,18	7,33	7,47	7,62	7,77	7,93	8,09	8,25	8,42
59,99	59,89	59,79	59,69	59,59	59,48	59,37	59,26	59,15	59,04	58,92	58,80	58,68	58,56	58,44	58,31	58,18	58,04	57,91	57,77
59,99	59,89	59,79	59,69	59,59	59,48	59,37	59,26	59,15	59,04	58,92	58,80	58,68	58,56	58,44	58,31	58,18	58,04	57,91	57,77
10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49,13	49,04	48,94	48,84	48,73	48,63	48,52	48,41	48,30	48,19	48,07	47,95	47,83	47,71	58,44	58,31	58,18	58,04	57,91	57,77
15,72	15,69	15,66	15,63	15,60	15,57	15,53	15,50	15,47	15,43	15,40	15,36	15,33	15,29	17,53	17,49	17,45	17,41	17,37	17,33
33,42	33,35	33,28	33,21	33,14	33,06	32,99	32,91	32,83	32,75	32,67	32,59	32,51	32,42	40,91	40,82	40,72	40,63	40,54	40,44
44,27	44,20	44,13	44,06	43,99	43,92	43,84	43,76	43,69	43,61	43,53	43,44	43,36	43,27	40,91	40,82	40,72	40,63	40,54	40,44
435,24	479,44	523,58	567,64	611,63	655,54	699,38	743,14	786,83	830,44	873,96	917,40	960,76	1004,03	1044,94	1085,75	1126,48	1167,11	1207,64	1248,08



37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
2.051	2.052	2.053	2.054	2.055	2.056	2.057	2.058	2.059	2.060	2.061	2.062	2.063	2.064	2.065	2.066	2.067	2.068	2.069	2.070
760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,12	2,16	2,21	2,25	2,30	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,69	2,75	2,80	2,86	2,91	2,97	3,03	3,09
105,5	105,5	105,5	105,6	105,6	105,7	105,7	105,8	105,8	105,9	105,9	106,0	106,0	106,1	106,2	106,2	106,3	106,3	106,4	106,5
- 39,2	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,6	- 39,6	- 39,6
66,21	66,24	66,27	66,30	66,33	66,36	66,39	66,42	66,45	66,48	66,51	66,55	66,58	66,62	66,65	66,69	66,73	66,76	66,80	66,84
2,34	2,39	2,44	2,48	2,53	2,58	2,64	2,69	2,74	2,80	2,85	2,91	2,97	3,03	3,09	3,15	3,21	3,28	3,34	3,41
3,79	3,86	3,94	4,02	4,10	4,18	4,27	4,35	4,44	4,53	4,62	4,71	4,81	4,90	5,00	5,10	5,20	5,31	5,41	5,52
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,35	1,38	1,41	1,44	1,47	1,50	1,53	1,56	1,59	1,62	1,65	1,68	1,72	1,75	1,79	1,82	1,86	1,90	1,93	1,97
1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,31	1,34	1,37	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57	1,60
8,58	8,76	8,93	9,11	9,29	9,48	9,67	9,86	10,06	10,26	10,46	10,67	10,89	11,10	11,33	11,55	11,78	12,02	12,26	12,51
57,63	57,48	57,34	57,19	57,03	56,88	56,72	56,56	56,39	56,22	56,05	55,87	55,69	55,51	55,33	55,14	54,94	54,74	54,54	54,34
57,63	57,48	57,34	57,19	57,03	56,88	56,72	56,56	56,39	56,22	56,05	55,87	55,69	55,51	55,33	55,14	54,94	54,74	54,54	54,34
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57,63	57,48	57,34	57,19	57,03	56,88	56,72	56,56	56,39	56,22	56,05	55,87	55,69	55,51	55,33	55,14	54,94	54,74	54,54	54,34
17,29	17,25	17,20	17,16	17,11	17,06	17,02	16,97	16,92	16,87	16,81	16,76	16,71	16,65	16,60	16,54	16,48	16,42	16,36	16,30
40,34	40,24	40,14	40,03	39,92	39,81	39,70	39,59	39,47	39,36	39,23	39,11	38,99	38,86	38,73	38,59	38,46	38,32	38,18	38,03
40,34	40,24	40,14	40,03	39,92	39,81	39,70	39,59	39,47	39,36	39,23	39,11	38,99	38,86	38,73	38,59	38,46	38,32	38,18	38,03
1288,42	1328,66	1368,80	1408,83	1448,75	1488,57	1528,27	1567,86	1607,33	1646,69	1685,92	1725,04	1764,02	1802,88	1841,61	1880,20	1918,66	1956,98	1995,16	2033,20

CENTRAL BOMBEO DE MATALAVILLA (Alt. A PESIMISTA)						
DATOS FUNCIONALES						
		TURBINA	BOMBA	OBSERVACIONES		
Potencia	MW	450	406	<div>Rendimiento global</div> <div>79,17 %</div>		
Utilización anual	horas/año	1.690	2.366			
Producción/Consumo	GWh/año	760,50	960,60			
PRECIO Energía (€/MWh)	€/MWh	80,00	40,00			
INVERSIÓN		M€	325,55			
DATOS ECONOMICOS						
AÑO ESTUDIO		2014		OBSERVACIONES		
IPC ( % )			2,0	%		
IPE ( % )		IPC-	0,00	2,0		%
Amortización contable			30	años		
Tasa Nominal			5	%		
Impuesto Sociedades			30	%		
COSTES O y M		Costes unitarios		Costes anuales		
Canon Concesional		0,00	€/kW €/kWh €/MWh % /inversión	0,00	M€	
Otros Canones		0,00		0,00	M€	
Gastos explotación fijos		2,50		1,13	M€	
Gastos explotación variables		0,0010		1,82	M€	
Gastos de administración y gestión		0,30		0,53	M€	
Seguros		0,002		0,65	M€	
RESULTADOS ECONÓMICOS						
T.I.R. Inversión (50 años)		antes de impuestos		7,59%	<div>M€</div> <div>M€</div>	
T.I.R. inversión (50 años)		después de impuestos		5,60%		
VAN (50 años)		antes de impuestos		130		
VAN (50 años)		después de impuestos		29		

Notas:  
Introducir valores solo en celdas



AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CUENTA EXPLOTACION	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025,00	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
INGRESOS (M€)																	
Energía vendida a la red	GWh/año	860,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
Energía comprada a la red	GWh/año	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
IPE (%)		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
IPE ACUMULADO	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37	1,40
Ingresos venta energía (M€/año)	69	69,6	69,6	69,6	69,6	69,6	69,6	69,6	69,7	69,7	69,7	69,7	69,7	69,7	69,8	69,8	69,8
Costes compra Energía (M€/año)	- 38	- 38,8	- 38,8	- 38,8	- 38,8	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 38,9	- 39,0	- 39,0
INGRESOS NETOS (M€/año)	30,42	30,73	30,74	30,75	30,75	30,76	30,77	30,77	30,78	30,79	30,79	30,80	30,81	30,82	30,83	30,83	30,84
GASTOS (M€)																	
Gastos explotación fijos	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,34	1,37	1,40	1,43	1,46	1,48	1,51	1,54
Gastos explotación variables	1,82	1,86	1,89	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,18	2,22	2,26	2,31	2,36	2,40	2,45	2,50
Canon Concesional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Canones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Seguros	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88	0,89
Gastos administración	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,61	0,62	0,63	0,64	0,66	0,67	0,68	0,70	0,71	0,73
TOTAL GASTOS OPEX (M€/año)	4,13	4,21	4,29	4,38	4,47	4,55	4,65	4,74	4,83	4,93	5,03	5,13	5,23	5,34	5,44	5,55	5,66
MARGEN EXPLOTACION (M€/año)																	
	26,52	26,45	26,37	26,29	26,20	26,12	26,03	25,95	25,86	25,77	25,67	25,58	25,48	25,38	25,28	25,18	
CASH FLOW BRUTO (M€)																	
	-325,55	26,52	26,45	26,37	26,29	26,20	26,12	26,03	25,95	25,86	25,77	25,67	25,58	25,48	25,38	25,28	25,18
AMORTIZACION LEGAL																	
	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85
BENEFICIO BRUTO (M€/año)		15,67	15,60	15,52	15,43	15,35	15,27	15,18	15,09	15,00	14,91	14,82	14,73	14,63	14,53	14,43	14,33
	0,00																
IMPUESTO sociedades	30,00 %	5,68	5,66	5,63	5,61	5,58	5,56	5,53	5,50	5,48	5,45	5,42	5,39	5,37	5,34	5,31	5,27
BENEFICIO NETO		9,99	9,94	9,88	9,83	9,77	9,71	9,65	9,59	9,53	9,46	9,40	9,33	9,26	9,19	9,12	9,05
CASH FLOW NETO	-325,55	20,85	20,79	20,74	20,68	20,62	20,56	20,50	20,44	20,38	20,31	20,25	20,18	20,12	20,05	19,98	19,90
CF ACUMULADO	-325,55	-304,70	-283,91	-263,18	-242,50	-221,87	-201,31	-180,81	-160,37	-139,99	-119,68	-99,43	-79,24	-59,13	-39,08	-19,11	0,80

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.031	2.032	2.033	2.034	2.035	2.036	2.037	2.038	2.039	2.040	2.041	2.042	2.043	2.044	2.045	2.046	2.047	2.048	2.049	2.050
760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08
69,8	69,8	69,9	69,9	69,9	69,9	69,9	70,0	70,0	70,0	70,0	70,1	70,1	70,1	70,1	70,2	70,2	70,2	70,2	70,3
- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,0	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,1	- 39,2	- 39,2	- 39,2	- 39,2	- 39,2
30,85	30,86	30,87	30,88	30,89	30,90	30,91	30,92	30,93	30,94	30,95	30,96	30,97	30,98	30,99	31,00	31,01	31,02	31,04	31,05
1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,77	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16	2,21	2,25	2,29
2,55	2,60	2,65	2,71	2,76	2,82	2,87	2,93	2,99	3,05	3,11	3,17	3,23	3,30	3,36	3,43	3,50	3,57	3,64	3,71
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16	1,18	1,20	1,23	1,25	1,28	1,30	1,33
0,74	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08
5,78	5,89	6,01	6,13	6,25	6,38	6,51	6,64	6,77	6,90	7,04	7,18	7,33	7,47	7,62	7,77	7,93	8,09	8,25	8,42
25,07	24,97	24,86	24,75	24,63	24,52	24,40	24,28	24,16	24,03	23,90	23,77	23,64	23,51	23,37	23,23	23,08	22,94	22,79	22,63
25,07	24,97	24,86	24,75	24,63	24,52	24,40	24,28	24,16	24,03	23,90	23,77	23,64	23,51	23,37	23,23	23,08	22,94	22,79	22,63
10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,22	14,12	14,01	13,90	13,78	13,67	13,55	13,43	13,31	13,18	13,05	12,92	12,79	12,65	23,37	23,23	23,08	22,94	22,79	22,63
5,24	5,21	5,18	5,15	5,11	5,08	5,04	5,01	4,97	4,93	4,89	4,85	4,81	4,77	7,01	6,97	6,92	6,88	6,84	6,79
8,98	8,90	8,83	8,75	8,67	8,59	8,51	8,42	8,34	8,25	8,16	8,07	7,98	7,88	16,36	16,26	16,16	16,05	15,95	15,84
19,83	19,76	19,68	19,60	19,52	19,44	19,36	19,27	19,19	19,10	19,01	18,92	18,83	18,73	16,36	16,26	16,16	16,05	15,95	15,84
20,63	40,38	60,06	79,67	99,19	118,63	137,99	157,26	176,45	195,55	214,56	233,48	252,31	271,04	287,40	303,66	319,82	335,87	351,82	367,67

37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
2.051	2.052	2.053	2.054	2.055	2.056	2.057	2.058	2.059	2.060	2.061	2.062	2.063	2.064	2.065	2.066	2.067	2.068	2.069	2.070
760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5	760,5
960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6	960,6
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,12	2,16	2,21	2,25	2,30	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,69	2,75	2,80	2,86	2,91	2,97	3,03	3,09
70,3	70,3	70,4	70,4	70,4	70,5	70,5	70,5	70,6	70,6	70,6	70,7	70,7	70,7	70,8	70,8	70,8	70,9	70,9	71,0
- 39,2	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,3	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,4	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,5	- 39,6	- 39,6	- 39,6
31,06	31,07	31,09	31,10	31,11	31,13	31,14	31,16	31,17	31,19	31,20	31,22	31,23	31,25	31,27	31,28	31,30	31,32	31,34	31,36
2,34	2,39	2,44	2,48	2,53	2,58	2,64	2,69	2,74	2,80	2,85	2,91	2,97	3,03	3,09	3,15	3,21	3,28	3,34	3,41
3,79	3,86	3,94	4,02	4,10	4,18	4,27	4,35	4,44	4,53	4,62	4,71	4,81	4,90	5,00	5,10	5,20	5,31	5,41	5,52
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,35	1,38	1,41	1,44	1,47	1,50	1,53	1,56	1,59	1,62	1,65	1,68	1,72	1,75	1,79	1,82	1,86	1,90	1,93	1,97
1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,31	1,34	1,37	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57	1,60
8,58	8,76	8,93	9,11	9,29	9,48	9,67	9,86	10,06	10,26	10,46	10,67	10,89	11,10	11,33	11,55	11,78	12,02	12,26	12,51
22,48	22,32	22,16	21,99	21,82	21,65	21,48	21,30	21,12	20,93	20,74	20,55	20,35	20,15	19,94	19,73	19,52	19,30	19,08	18,85
22,48	22,32	22,16	21,99	21,82	21,65	21,48	21,30	21,12	20,93	20,74	20,55	20,35	20,15	19,94	19,73	19,52	19,30	19,08	18,85
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,48	22,32	22,16	21,99	21,82	21,65	21,48	21,30	21,12	20,93	20,74	20,55	20,35	20,15	19,94	19,73	19,52	19,30	19,08	18,85
6,74	6,70	6,65	6,60	6,55	6,50	6,44	6,39	6,33	6,28	6,22	6,16	6,10	6,04	5,98	5,92	5,86	5,79	5,72	5,66
15,73	15,62	15,51	15,39	15,28	15,16	15,03	14,91	14,78	14,65	14,52	14,38	14,24	14,10	13,96	13,81	13,66	13,51	13,35	13,20
15,73	15,62	15,51	15,39	15,28	15,16	15,03	14,91	14,78	14,65	14,52	14,38	14,24	14,10	13,96	13,81	13,66	13,51	13,35	13,20
383,40	399,02	414,53	429,93	445,20	460,36	475,39	490,30	505,08	519,73	534,25	548,63	562,88	576,98	590,94	604,75	618,41	631,92	645,28	658,47

CENTRAL BOMBEO DE MATALAVILLA (Alt. B OPTIMISTA)					
DATOS FUNCIONALES					
		TURBINA	BOMBA	OBSERVACIONES	
Potencia	MW	715	646	<div>Rendimiento global</div> <div>79,06 %</div>	
Utilización anual	horas/año	1.690	2.366		
Producción/Consumo	GWh/año	1.208,35	1.528,44		
PRECIO Energía (€/MWh)	€/MWh	140,00	40,00		
INVERSIÓN		M€	510,91		
DATOS ECONOMICOS					
AÑO ESTUDIO		2014			OBSERVACIONES
IPC ( % )				2,0	%
IPE ( % )		IPC-	0,00	2,0	%
Amortización contable				30	años
Tasa Nominal				5	%
Impuesto Sociedades				30	%
COSTES O y M		Costes unitarios		Costes anuales	
Canon Concesional		0,00	€/kW €/kWh €/MWh % /inversión	0,00	M€
Otros Canones		0,00		0,00	M€
Gastos explotación fijos		2,50		1,79	M€
Gastos explotación variables		0,0010		2,84	M€
Gastos de administración y gestión		0,30		0,83	M€
Seguros		0,002		1,02	M€
RESULTADOS ECONÓMICOS					
T.I.R. Inversión (50 años)		antes de impuestos		22,74%	M€
T.I.R. inversión (50 años)		después de impuestos		16,57%	
VAN (50 años)		antes de impuestos		1.581	
VAN (50 años)		después de impuestos		1.008	

Notas:

Introducir valores solo en celdas

AÑO		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CUENTA EXPLOTACION		2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025,00	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
INGRESOS (M€)																		
Energía vendida a la red	GWh/año	1.308,4	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	1.208,4	#####	#####	#####	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
Energía comprada a la red	GWh/año	1.528,4	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	1.528,4	#####	#####	#####	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
IPE (%)		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
IPE ACUMULADO		1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37	1,40
Ingresos venta energía (M€/año)		183	185,1	185,1	185,2	185,2	185,2	185,3	185,3	185,4	185,4	185,4	185,5	185,5	185,6	185,6	185,7	185,7
Costes compra Energía (M€/año)		- 61	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 62,0	- 62,0	- 62,0
INGRESOS NETOS (M€/año)		122,03	123,30	123,33	123,35	123,38	123,41	123,43	123,46	123,49	123,52	123,55	123,58	123,61	123,64	123,67	123,71	123,74
GASTOS (M€)																		
Gastos explotación fijos		1,79	1,82	1,86	1,90	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,14	2,18	2,22	2,27	2,31	2,36	2,41	2,45
Gastos explotación variables		2,84	2,89	2,95	3,01	3,07	3,13	3,19	3,26	3,32	3,39	3,46	3,53	3,60	3,67	3,74	3,82	3,89
Canon Concesional		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Canones		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Seguros		1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,25	1,27	1,30	1,32	1,35	1,38	1,40
Gastos administración		0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14
TOTAL GASTOS OPEX (M€/año)		6,48	6,61	6,74	6,88	7,01	7,15	7,30	7,44	7,59	7,74	7,90	8,06	8,22	8,38	8,55	8,72	8,89
MARGEN EXPLOTACION (M€/año)			116,69	116,59	116,48	116,37	116,25	116,14	116,02	115,90	115,78	115,65	115,52	115,39	115,26	115,12	114,99	114,85
CASH FLOW BRUTO (M€)		-510,91	116,69	116,59	116,48	116,37	116,25	116,14	116,02	115,90	115,78	115,65	115,52	115,39	115,26	115,12	114,99	114,85
AMORTIZACION LEGAL			17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03
BENEFICIO BRUTO (M€/año)			99,66	99,56	99,45	99,34	99,22	99,11	98,99	98,87	98,75	98,62	98,49	98,36	98,23	98,09	97,96	97,82
IMPUESTO sociedades			30,00 %	31,43	31,40	31,37	31,33	31,30	31,26	31,23	31,19	31,16	31,12	31,08	31,04	31,00	30,96	30,92
BENEFICIO NETO			68,23	68,16	68,08	68,00	67,92	67,84	67,76	67,67	67,59	67,50	67,41	67,32	67,23	67,13	67,04	66,94
CASH FLOW NETO		-510,91	85,26	85,19	85,11	85,03	84,95	84,87	84,79	84,71	84,62	84,53	84,44	84,35	84,26	84,16	84,07	83,97
CF ACUMULADO		-510,91	-425,65	-340,47	-255,36	-170,32	-85,37	-0,50	84,29	169,00	253,62	338,15	422,59	506,94	591,20	675,36	759,43	843,40

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.031	2.032	2.033	2.034	2.035	2.036	2.037	2.038	2.039	2.040	2.041	2.042	2.043	2.044	2.045	2.046	2.047	2.048	2.049	2.050
1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08
185,8	185,8	185,9	185,9	186,0	186,1	186,1	186,2	186,2	186,3	186,4	186,4	186,5	186,6	186,6	186,7	186,8	186,8	186,9	187,0
- 62,0	- 62,0	- 62,0	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,3	- 62,3	- 62,3	- 62,3	- 62,4	- 62,4	- 62,4
123,77	123,81	123,84	123,88	123,92	123,96	123,99	124,03	124,07	124,11	124,16	124,20	124,24	124,29	124,33	124,38	124,42	124,47	124,52	124,57
2,50	2,55	2,60	2,66	2,71	2,76	2,82	2,88	2,93	2,99	3,05	3,11	3,17	3,24	3,30	3,37	3,44	3,50	3,57	3,65
3,97	4,05	4,13	4,22	4,30	4,39	4,47	4,56	4,65	4,75	4,84	4,94	5,04	5,14	5,24	5,35	5,45	5,56	5,67	5,79
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,68	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89	1,93	1,96	2,00	2,04	2,08
1,17	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,31	1,34	1,37	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57	1,60	1,63	1,67	1,70
9,07	9,25	9,44	9,63	9,82	10,02	10,22	10,42	10,63	10,84	11,06	11,28	11,51	11,74	11,97	12,21	12,45	12,70	12,96	13,22
114,70	114,56	114,41	114,25	114,10	113,94	113,78	113,61	113,44	113,27	113,10	112,92	112,74	112,55	112,36	112,17	111,97	111,77	111,56	111,35
114,70	114,56	114,41	114,25	114,10	113,94	113,78	113,61	113,44	113,27	113,10	112,92	112,74	112,55	112,36	112,17	111,97	111,77	111,56	111,35
17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
97,67	97,53	97,38	97,22	97,07	96,91	96,75	96,58	96,41	96,24	96,07	95,89	95,71	95,52	112,36	112,17	111,97	111,77	111,56	111,35
30,83	30,79	30,75	30,70	30,65	30,61	30,56	30,51	30,46	30,41	30,35	30,30	30,24	30,19	33,71	33,65	33,59	33,53	33,47	33,41
66,84	66,73	66,63	66,52	66,41	66,30	66,19	66,07	65,96	65,84	65,71	65,59	65,46	65,33	78,65	78,52	78,38	78,24	78,09	77,95
83,87	83,77	83,66	83,55	83,44	83,33	83,22	83,11	82,99	82,87	82,74	82,62	82,49	82,36	78,65	78,52	78,38	78,24	78,09	77,95
927,27	1011,03	1094,69	1178,25	1261,69	1345,03	1428,25	1511,35	1594,34	1677,21	1759,95	1842,57	1925,06	2007,42	2086,08	2164,59	2242,97	2321,21	2399,30	2477,25



37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
2.051	2.052	2.053	2.054	2.055	2.056	2.057	2.058	2.059	2.060	2.061	2.062	2.063	2.064	2.065	2.066	2.067	2.068	2.069	2.070
1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,12	2,16	2,21	2,25	2,30	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,69	2,75	2,80	2,86	2,91	2,97	3,03	3,09
187,1	187,1	187,2	187,3	187,4	187,5	187,5	187,6	187,7	187,8	187,9	188,0	188,1	188,2	188,3	188,4	188,5	188,6	188,7	188,8
- 62,4	- 62,5	- 62,5	- 62,5	- 62,5	- 62,6	- 62,6	- 62,6	- 62,7	- 62,7	- 62,7	- 62,8	- 62,8	- 62,8	- 62,8	- 62,9	- 62,9	- 63,0	- 63,0	- 63,0
124,62	124,67	124,73	124,78	124,83	124,89	124,95	125,01	125,07	125,13	125,19	125,25	125,32	125,38	125,45	125,52	125,59	125,66	125,73	125,80
3,72	3,79	3,87	3,95	4,03	4,11	4,19	4,27	4,36	4,44	4,53	4,62	4,72	4,81	4,91	5,01	5,11	5,21	5,31	5,42
5,90	6,02	6,14	6,26	6,39	6,52	6,65	6,78	6,92	7,05	7,20	7,34	7,49	7,64	7,79	7,94	8,10	8,26	8,43	8,60
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,13	2,17	2,21	2,26	2,30	2,35	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,70	2,75	2,81	2,86	2,92	2,98	3,04	3,10
1,73	1,77	1,80	1,84	1,88	1,91	1,95	1,99	2,03	2,07	2,11	2,16	2,20	2,24	2,29	2,33	2,38	2,43	2,48	2,53
13,48	13,75	14,03	14,31	14,59	14,88	15,18	15,49	15,80	16,11	16,43	16,76	17,10	17,44	17,79	18,14	18,51	18,88	19,25	19,64
111,14	110,92	110,70	110,47	110,24	110,01	109,77	109,52	109,27	109,02	108,76	108,49	108,22	107,94	107,66	107,37	107,08	106,78	106,48	106,17
111,14	110,92	110,70	110,47	110,24	110,01	109,77	109,52	109,27	109,02	108,76	108,49	108,22	107,94	107,66	107,37	107,08	106,78	106,48	106,17
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
111,14	110,92	110,70	110,47	110,24	110,01	109,77	109,52	109,27	109,02	108,76	108,49	108,22	107,94	107,66	107,37	107,08	106,78	106,48	106,17
33,34	33,28	33,21	33,14	33,07	33,00	32,93	32,86	32,78	32,70	32,63	32,55	32,47	32,38	32,30	32,21	32,12	32,03	31,94	31,85
77,80	77,65	77,49	77,33	77,17	77,00	76,84	76,66	76,49	76,31	76,13	75,94	75,75	75,56	75,36	75,16	74,96	74,75	74,53	74,32
77,80	77,65	77,49	77,33	77,17	77,00	76,84	76,66	76,49	76,31	76,13	75,94	75,75	75,56	75,36	75,16	74,96	74,75	74,53	74,32
2555,05	2632,70	2710,19	2787,52	2864,69	2941,69	3018,53	3095,19	3171,68	3247,99	3324,12	3400,06	3475,82	3551,38	3626,74	3701,90	3776,86	3851,60	3926,14	4000,45

CENTRAL BOMBEO DE MATALAVILLA (Alt.B MEDIO)					
DATOS FUNCIONALES					
		TURBINA	BOMBA	OBSERVACIONES	
Potencia	MW	715	646	<div>Rendimiento global</div> <div>79,06 %</div>	
Utilización anual	horas/año	1.690	2.366		
Producción/Consumo	GWh/año	1.208,35	1.528,44		
PRECIO Energía (€/MWh)	€/MWh	120,00	40,00		
INVERSIÓN		M€	510,91		
DATOS ECONOMICOS					
AÑO ESTUDIO		2014		OBSERVACIONES	
IPC ( % )				2,0	%
IPE ( % )		IPC-	0,00	2,0	%
Amortización contable				30	años
Tasa Nominal				5	%
Impuesto Sociedades				30	%
COSTES O y M		Costes unitarios		Costes anuales	
Canon Concesional		0,00	€/kW €/kWh €/MWh % /inversión	0,00	M€
Otros Canones		0,00		0,00	M€
Gastos explotación fijos		2,50		1,79	M€
Gastos explotación variables		0,0010		2,84	M€
Gastos de administración y gestión		0,30		0,83	M€
Seguros		0,002		1,02	M€
RESULTADOS ECONÓMICOS					
T.I.R. Inversión (50 años)		antes de impuestos		17,52%	<div>M€</div> <div>M€</div>
T.I.R. inversión (50 años)		después de impuestos		12,88%	
VAN (50 años)		antes de impuestos		1.096	
VAN (50 años)		después de impuestos		669	

Notas:

Introducir valores solo en celdas

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CUENTA EXPLOTACION	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025,00	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
INGRESOS (M€)																	
Energía vendida a la red	GWh/año	1.308,4	#####	#####	#####	#####	#####	#####	1.208,4	#####	#####	#####	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
Energía comprada a la red	GWh/año	1.528,4	#####	#####	#####	#####	#####	#####	1.528,4	#####	#####	#####	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
IPE (%)		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
IPE ACUMULADO	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37	1,40
Ingresos venta energía (M€/año)	157	158,6	158,7	158,7	158,7	158,8	158,8	158,8	158,9	158,9	159,0	159,0	159,0	159,1	159,1	159,2	159,2
Costes compra Energía (M€/año)	- 61	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 62,0	- 62,0	- 62,0
INGRESOS NETOS (M€/año)	95,86	96,86	96,88	96,90	96,92	96,94	96,97	96,99	97,01	97,03	97,06	97,08	97,10	97,13	97,15	97,18	97,21
GASTOS (M€)																	
Gastos explotación fijos	1,79	1,82	1,86	1,90	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,14	2,18	2,22	2,27	2,31	2,36	2,41	2,45
Gastos explotación variables	2,84	2,89	2,95	3,01	3,07	3,13	3,19	3,26	3,32	3,39	3,46	3,53	3,60	3,67	3,74	3,82	3,89
Canon Concesional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Canones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Seguros	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,25	1,27	1,30	1,32	1,35	1,38	1,40
Gastos administración	0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14
TOTAL GASTOS OPEX (M€/año)	6,48	6,61	6,74	6,88	7,01	7,15	7,30	7,44	7,59	7,74	7,90	8,06	8,22	8,38	8,55	8,72	8,89
MARGEN EXPLOTACION (M€/año)																	
	90,25	90,14	90,03	89,91	89,79	89,67	89,55	89,42	89,29	89,16	89,02	88,89	88,75	88,61	88,46	88,31	
CASH FLOW BRUTO (M€)																	
	-510,91	90,25	90,14	90,03	89,91	89,79	89,67	89,55	89,42	89,29	89,16	89,02	88,89	88,75	88,61	88,46	88,31
AMORTIZACION LEGAL																	
	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03
BENEFICIO BRUTO (M€/año)		73,22	73,11	73,00	72,88	72,76	72,64	72,51	72,39	72,26	72,13	71,99	71,86	71,72	71,58	71,43	71,28
	0,00																
IMPUESTO sociedades	30,00 %	23,50	23,47	23,43	23,40	23,36	23,32	23,29	23,25	23,21	23,17	23,13	23,09	23,05	23,01	22,96	22,92
BENEFICIO NETO		49,72	49,64	49,56	49,48	49,40	49,31	49,23	49,14	49,05	48,96	48,86	48,77	48,67	48,57	48,47	48,36
CASH FLOW NETO	-510,91	66,75	66,68	66,59	66,51	66,43	66,34	66,26	66,17	66,08	65,99	65,89	65,80	65,70	65,60	65,50	65,40
CF ACUMULADO	-510,91	-444,16	-377,48	-310,89	-244,38	-177,95	-111,60	-45,34	20,83	86,91	152,89	218,79	284,58	350,28	415,88	481,38	546,78

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.031	2.032	2.033	2.034	2.035	2.036	2.037	2.038	2.039	2.040	2.041	2.042	2.043	2.044	2.045	2.046	2.047	2.048	2.049	2.050
1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08
159,2	159,3	159,3	159,4	159,4	159,5	159,5	159,6	159,6	159,7	159,7	159,8	159,8	159,9	160,0	160,0	160,1	160,1	160,2	160,3
- 62,0	- 62,0	- 62,0	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,3	- 62,3	- 62,3	- 62,3	- 62,4	- 62,4	- 62,4
97,23	97,26	97,29	97,32	97,35	97,38	97,41	97,44	97,47	97,50	97,53	97,57	97,60	97,64	97,67	97,71	97,74	97,78	97,82	97,86
2,50	2,55	2,60	2,66	2,71	2,76	2,82	2,88	2,93	2,99	3,05	3,11	3,17	3,24	3,30	3,37	3,44	3,50	3,57	3,65
3,97	4,05	4,13	4,22	4,30	4,39	4,47	4,56	4,65	4,75	4,84	4,94	5,04	5,14	5,24	5,35	5,45	5,56	5,67	5,79
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,68	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89	1,93	1,96	2,00	2,04	2,08
1,17	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,31	1,34	1,37	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57	1,60	1,63	1,67	1,70
9,07	9,25	9,44	9,63	9,82	10,02	10,22	10,42	10,63	10,84	11,06	11,28	11,51	11,74	11,97	12,21	12,45	12,70	12,96	13,22
88,16	88,01	87,85	87,69	87,53	87,36	87,19	87,02	86,84	86,66	86,47	86,29	86,10	85,90	85,70	85,50	85,29	85,08	84,86	84,64
88,16	88,01	87,85	87,69	87,53	87,36	87,19	87,02	86,84	86,66	86,47	86,29	86,10	85,90	85,70	85,50	85,29	85,08	84,86	84,64
17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
71,13	70,98	70,82	70,66	70,50	70,33	70,16	69,99	69,81	69,63	69,44	69,26	69,06	68,87	85,70	85,50	85,29	85,08	84,86	84,64
22,87	22,83	22,78	22,73	22,68	22,63	22,58	22,53	22,48	22,42	22,37	22,31	22,25	22,19	25,71	25,65	25,59	25,52	25,46	25,39
48,26	48,15	48,04	47,93	47,81	47,70	47,58	47,46	47,33	47,21	47,08	46,95	46,81	46,68	59,99	59,85	59,70	59,55	59,40	59,25
65,29	65,18	65,07	64,96	64,84	64,73	64,61	64,49	64,36	64,24	64,11	63,98	63,84	63,71	59,99	59,85	59,70	59,55	59,40	59,25
612,07	677,25	742,32	807,28	872,12	936,85	1001,46	1065,95	1130,31	1194,55	1258,66	1322,64	1386,48	1450,18	1510,18	1570,02	1629,73	1689,28	1748,68	1807,93

37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
2.051	2.052	2.053	2.054	2.055	2.056	2.057	2.058	2.059	2.060	2.061	2.062	2.063	2.064	2.065	2.066	2.067	2.068	2.069	2.070
1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,12	2,16	2,21	2,25	2,30	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,69	2,75	2,80	2,86	2,91	2,97	3,03	3,09
160,3	160,4	160,5	160,5	160,6	160,7	160,8	160,8	160,9	161,0	161,1	161,1	161,2	161,3	161,4	161,5	161,6	161,7	161,8	161,9
- 62,4	- 62,5	- 62,5	- 62,5	- 62,5	- 62,6	- 62,6	- 62,6	- 62,7	- 62,7	- 62,7	- 62,8	- 62,8	- 62,8	- 62,8	- 62,9	- 62,9	- 63,0	- 63,0	- 63,0
97,90	97,94	97,98	98,02	98,07	98,11	98,16	98,20	98,25	98,30	98,34	98,39	98,44	98,50	98,55	98,60	98,66	98,71	98,77	98,83
3,72	3,79	3,87	3,95	4,03	4,11	4,19	4,27	4,36	4,44	4,53	4,62	4,72	4,81	4,91	5,01	5,11	5,21	5,31	5,42
5,90	6,02	6,14	6,26	6,39	6,52	6,65	6,78	6,92	7,05	7,20	7,34	7,49	7,64	7,79	7,94	8,10	8,26	8,43	8,60
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,13	2,17	2,21	2,26	2,30	2,35	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,70	2,75	2,81	2,86	2,92	2,98	3,04	3,10
1,73	1,77	1,80	1,84	1,88	1,91	1,95	1,99	2,03	2,07	2,11	2,16	2,20	2,24	2,29	2,33	2,38	2,43	2,48	2,53
13,48	13,75	14,03	14,31	14,59	14,88	15,18	15,49	15,80	16,11	16,43	16,76	17,10	17,44	17,79	18,14	18,51	18,88	19,25	19,64
84,42	84,19	83,96	83,72	83,47	83,23	82,97	82,72	82,45	82,18	81,91	81,63	81,35	81,06	80,76	80,46	80,15	79,84	79,52	79,19
84,42	84,19	83,96	83,72	83,47	83,23	82,97	82,72	82,45	82,18	81,91	81,63	81,35	81,06	80,76	80,46	80,15	79,84	79,52	79,19
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
84,42	84,19	83,96	83,72	83,47	83,23	82,97	82,72	82,45	82,18	81,91	81,63	81,35	81,06	80,76	80,46	80,15	79,84	79,52	79,19
25,33	25,26	25,19	25,12	25,04	24,97	24,89	24,81	24,74	24,66	24,57	24,49	24,40	24,32	24,23	24,14	24,05	23,95	23,85	23,76
59,09	58,93	58,77	58,60	58,43	58,26	58,08	57,90	57,72	57,53	57,34	57,14	56,94	56,74	56,53	56,32	56,11	55,89	55,66	55,43
59,09	58,93	58,77	58,60	58,43	58,26	58,08	57,90	57,72	57,53	57,34	57,14	56,94	56,74	56,53	56,32	56,11	55,89	55,66	55,43
1867,03	1925,96	1984,73	2043,33	2101,76	2160,02	2218,10	2276,00	2333,72	2391,25	2448,59	2505,73	2562,67	2619,41	2675,95	2732,27	2788,37	2844,26	2899,92	2955,35

CENTRAL BOMBEO DE MATAVILLA (Alt. B PESIMISTA)						
DATOS FUNCIONALES						
		TURBINA	BOMBA	OBSERVACIONES		
Potencia	MW	715	646	<div>Rendimiento global</div> <div>79,06 %</div>		
Utilización anual	horas/año	1.690	2.366			
Producción/Consumo	GWh/año	1.208,35	1.528,44			
PRECIO Energía (€/MWh)	€/MWh	80,00	40,00			
INVERSIÓN		M€	510,91			
DATOS ECONOMICOS						
AÑO ESTUDIO		2014			OBSERVACIONES	
IPC ( % )			2,0	%		
IPE ( % )		IPC-	0,00	2,0		%
Amortización contable			30	años		
Tasa Nominal			5	%		
Impuesto Sociedades			30	%		
COSTES O y M		Costes unitarios		Costes anuales		
Canon Concesional	0,00	€/kW €/kWh €/MWh % /inversión	0,00	M€		
Otros Canones	0,00		0,00	M€		
Gastos explotación fijos	2,50		1,79	M€		
Gastos explotación variables	0,0010		2,84	M€		
Gastos de administración y gestión	0,30		0,83	M€		
Seguros	0,002		1,02	M€		
RESULTADOS ECONÓMICOS						
T.I.R. Inversión (50 años)		antes de impuestos		6,64%	M€ M€	
T.I.R. inversión (50 años)		después de impuestos		4,87%		
VAN (50 años)		antes de impuestos		127		
VAN (50 años)		después de impuestos		-10		

Notas:  
Introducir valores solo en celdas




AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CUENTA EXPLOTACION	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025,00	2.026	2.027	2.028	2.029
INGRESOS (M€)																
Energía vendida a la red	GWh/año	1.308,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	#####	#####	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
Energía comprada a la red	GWh/año	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	#####	#####	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
IPE (%)		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
IPE ACUMULADO	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37
Ingresos venta energía (M€/año)	105	105,8	105,8	105,8	105,8	105,8	105,9	105,9	105,9	105,9	106,0	106,0	106,0	106,0	106,1	106,1
Costes compra Energía (M€/año)	- 61	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,8	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 61,9	- 62,0	- 62,0
INGRESOS NETOS (M€/año)	43,53	43,98	43,99	44,00	44,01	44,02	44,03	44,04	44,05	44,06	44,07	44,08	44,09	44,10	44,12	44,13
GASTOS (M€)																
Gastos explotación fijos	1,79	1,82	1,86	1,90	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,14	2,18	2,22	2,27	2,31	2,36	2,41
Gastos explotación variables	2,84	2,89	2,95	3,01	3,07	3,13	3,19	3,26	3,32	3,39	3,46	3,53	3,60	3,67	3,74	3,82
Canon Concesional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Canones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Seguros	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,25	1,27	1,30	1,32	1,35	1,38
Gastos administración	0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12
TOTAL GASTOS OPEX (M€/año)	6,48	6,61	6,74	6,88	7,01	7,15	7,30	7,44	7,59	7,74	7,90	8,06	8,22	8,38	8,55	8,72
MARGEN EXPLOTACION (M€/año)		37,37	37,25	37,13	37,00	36,87	36,73	36,60	36,46	36,32	36,17	36,03	35,88	35,72	35,57	35,41
CASH FLOW BRUTO (M€)	-510,91	37,37	37,25	37,13	37,00	36,87	36,73	36,60	36,46	36,32	36,17	36,03	35,88	35,72	35,57	35,41
AMORTIZACION LEGAL		17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03
BENEFICIO BRUTO (M€/año)		20,34	20,22	20,10	19,97	19,84	19,70	19,57	19,43	19,29	19,14	19,00	18,85	18,69	18,54	18,38
IMPUESTO sociedades	30,00 %	7,64	7,60	7,56	7,52	7,48	7,44	7,40	7,36	7,32	7,28	7,23	7,19	7,14	7,09	7,05
BENEFICIO NETO		12,71	12,62	12,53	12,44	12,35	12,26	12,16	12,07	11,97	11,87	11,76	11,66	11,55	11,44	11,33
CASH FLOW NETO	-510,91	29,74	29,65	29,56	29,47	29,38	29,29	29,20	29,10	29,00	28,90	28,80	28,69	28,58	28,47	28,36
CF ACUMULADO	-510,91	-481,17	-451,52	-421,96	-392,48	-363,10	-333,81	-304,61	-275,52	-246,52	-217,62	-188,82	-160,13	-131,55	-103,08	-74,72

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2.030	2.031	2.032	2.033	2.034	2.035	2.036	2.037	2.038	2.039	2.040	2.041	2.042	2.043	2.044	2.045	2.046	2.047	2.048	2.049
1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1,40	1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04
106,1	106,2	106,2	106,2	106,3	106,3	106,3	106,4	106,4	106,4	106,5	106,5	106,5	106,6	106,6	106,6	106,7	106,7	106,8	106,8
- 62,0	- 62,0	- 62,0	- 62,0	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,1	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,2	- 62,3	- 62,3	- 62,3	- 62,3	- 62,4	- 62,4
44,14	44,15	44,16	44,18	44,19	44,20	44,22	44,23	44,24	44,26	44,27	44,29	44,30	44,32	44,33	44,35	44,37	44,38	44,40	44,42
2,45	2,50	2,55	2,60	2,66	2,71	2,76	2,82	2,88	2,93	2,99	3,05	3,11	3,17	3,24	3,30	3,37	3,44	3,50	3,57
3,89	3,97	4,05	4,13	4,22	4,30	4,39	4,47	4,56	4,65	4,75	4,84	4,94	5,04	5,14	5,24	5,35	5,45	5,56	5,67
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,40	1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,68	1,71	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89	1,93	1,96	2,00	2,04
1,14	1,17	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,31	1,34	1,37	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57	1,60	1,63	1,67
8,89	9,07	9,25	9,44	9,63	9,82	10,02	10,22	10,42	10,63	10,84	11,06	11,28	11,51	11,74	11,97	12,21	12,45	12,70	12,96
35,25	35,08	34,91	34,74	34,56	34,38	34,20	34,01	33,82	33,63	33,43	33,23	33,02	32,81	32,60	32,38	32,16	31,93	31,70	31,46
35,25	35,08	34,91	34,74	34,56	34,38	34,20	34,01	33,82	33,63	33,43	33,23	33,02	32,81	32,60	32,38	32,16	31,93	31,70	31,46
17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,22	18,05	17,88	17,71	17,53	17,35	17,17	16,98	16,79	16,60	16,40	16,20	15,99	15,78	15,57	32,38	32,16	31,93	31,70	31,46
7,00	6,95	6,90	6,85	6,79	6,74	6,68	6,63	6,57	6,51	6,45	6,39	6,33	6,27	6,20	9,71	9,65	9,58	9,51	9,44
11,22	11,10	10,98	10,86	10,74	10,61	10,49	10,36	10,22	10,09	9,95	9,81	9,66	9,52	9,37	22,67	22,51	22,35	22,19	22,02
28,25	28,13	28,01	27,89	27,77	27,64	27,52	27,39	27,25	27,12	26,98	26,84	26,69	26,55	26,40	22,67	22,51	22,35	22,19	22,02
-46,47	-18,33	9,68	37,57	65,34	92,99	120,50	147,89	175,14	202,26	229,24	256,08	282,77	309,31	335,71	358,37	380,88	403,24	425,42	447,45



36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
2.050	2.051	2.052	2.053	2.054	2.055	2.056	2.057	2.058	2.059	2.060	2.061	2.062	2.063	2.064	2.065	2.066	2.067	2.068	2.069
1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4	1.208,4
1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4	1.528,4
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,08	2,12	2,16	2,21	2,25	2,30	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,69	2,75	2,80	2,86	2,91	2,97	3,03
106,8	106,9	106,9	107,0	107,0	107,1	107,1	107,2	107,2	107,3	107,3	107,4	107,4	107,5	107,5	107,6	107,7	107,7	107,8	107,8
- 62,4	- 62,4	- 62,5	- 62,5	- 62,5	- 62,5	- 62,6	- 62,6	- 62,6	- 62,7	- 62,7	- 62,7	- 62,8	- 62,8	- 62,8	- 62,8	- 62,9	- 62,9	- 63,0	- 63,0
44,44	44,45	44,47	44,49	44,51	44,53	44,55	44,57	44,59	44,61	44,63	44,66	44,68	44,70	44,73	44,75	44,77	44,80	44,82	44,85
3,65	3,72	3,79	3,87	3,95	4,03	4,11	4,19	4,27	4,36	4,44	4,53	4,62	4,72	4,81	4,91	5,01	5,11	5,21	5,31
5,79	5,90	6,02	6,14	6,26	6,39	6,52	6,65	6,78	6,92	7,05	7,20	7,34	7,49	7,64	7,79	7,94	8,10	8,26	8,43
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,08	2,13	2,17	2,21	2,26	2,30	2,35	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,64	2,70	2,75	2,81	2,86	2,92	2,98	3,04
1,70	1,73	1,77	1,80	1,84	1,88	1,91	1,95	1,99	2,03	2,07	2,11	2,16	2,20	2,24	2,29	2,33	2,38	2,43	2,48
13,22	13,48	13,75	14,03	14,31	14,59	14,88	15,18	15,49	15,80	16,11	16,43	16,76	17,10	17,44	17,79	18,14	18,51	18,88	19,25
31,22	30,97	30,72	30,47	30,20	29,94	29,67	29,39	29,11	28,82	28,52	28,22	27,92	27,60	27,29	26,96	26,63	26,29	25,95	25,60
31,22	30,97	30,72	30,47	30,20	29,94	29,67	29,39	29,11	28,82	28,52	28,22	27,92	27,60	27,29	26,96	26,63	26,29	25,95	25,60
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31,22	30,97	30,72	30,47	30,20	29,94	29,67	29,39	29,11	28,82	28,52	28,22	27,92	27,60	27,29	26,96	26,63	26,29	25,95	25,60
9,37	9,29	9,22	9,14	9,06	8,98	8,90	8,82	8,73	8,65	8,56	8,47	8,38	8,28	8,19	8,09	7,99	7,89	7,78	7,68
21,85	21,68	21,51	21,33	21,14	20,96	20,77	20,57	20,37	20,17	19,97	19,76	19,54	19,32	19,10	18,87	18,64	18,40	18,16	17,92
21,85	21,68	21,51	21,33	21,14	20,96	20,77	20,57	20,37	20,17	19,97	19,76	19,54	19,32	19,10	18,87	18,64	18,40	18,16	17,92
469,30	490,98	512,49	533,81	554,96	575,91	596,68	617,25	637,63	657,80	677,77	697,52	717,06	736,39	755,49	774,36	793,00	811,41	829,57	847,49

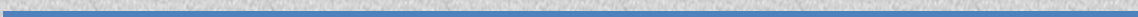


# Anejo 13. Estudio de Seguridad y Salud

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)





# Estudio de Seguridad y Salud Memoria

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---

## ÍNDICE

1. DATOS GENERALES.....	3
2. OBJETOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	3
3. DATOS DE INTERÉS PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS .....	4
3.1. Características y descripción de la obra.....	4
3.2. Previsión de medios humanos para el desarrollo de la obra.....	6
3.3. Interferencias y servicios afectados por la situación de la obra .....	7
3.4. Tráfico rodado .....	16
3.5. Estudio geotécnico.....	16
3.6. Climatología y medio ambiente .....	16
3.7. Vehículos, máquina y medios auxiliares a utilizar .....	17
4. ACTUACIONES PREVIAS A LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	18
4.1. Accesos y cerramientos .....	18
4.2. Señalización .....	19
4.3. Instalaciones provisionales de los trabajadores .....	20
4.4. Primeros auxilios. Itinerarios para accidentes graves .....	21
4.5. Zona de trabajo, circulación y acopios .....	22
4.6. Instalación eléctrica provisional.....	23
4.7. Iluminación .....	27
4.8. Medidas contra incendios.....	28
5. ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA, CLASIFICADOS POR FASES GLOBALES. ....	29
5.1. Movimiento de tierras .....	29
5.2. Cimentación y estructuras.....	35
5.3. Demolición .....	38
5.4. Señalización y balizamiento .....	40
5.5. Oficios, unidades especiales y montajes.....	41
5.6. Instalaciones .....	46
6. ANÁLISIS DE RIESGO CLASIFICADOS POR MEDIOS AUXILIARES.....	49
6.1. Andamios sobre borriquetas .....	49
6.2. Andamios metálicos tubulares .....	50
6.3. Escaleras de mano.....	52
7. ANÁLISIS DE RIESGOS CLASIFICADOS POR MAQUINARIA.....	54

### Anejo 13. Estudio de Seguridad y Salud

7.1. Maquinaria de movimiento de tierras en general .....	54
7.2. Maquinaria de elevación .....	56
7.3. Maquinaria herramientas.....	58
7.4. Herramientas manuales en general .....	69
8. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	71
9. DOCUMENTOS DEL PRESENTE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD ....	72
10. FIRMAS .....	72

## **1. DATOS GENERALES**

- Nombre del proyecto:

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS.

- Situación:

T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

- El presupuesto de ejecución material de las obras proyectadas a ejecutar es de:

232.223.381,91€

DOSCIENTOS TREINTA Y DOS MILLONES DOSCIENTOS VEINTITRÉS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y UNO CON NOVENTA Y UN €

- Plazo de ejecución previsto:

59 MESES

## **2. OBJETOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El presente ESTUDIO de SEGURIDAD Y SALUD tiene por objeto describir las técnicas de prevención de accidentes a utilizar en las obras del PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS.

Se redacta en cumplimiento del Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre. Desarrollando la obligación del contratista de cumplimiento de toda la legislación y normativa referente a Seguridad y Salud Laboral en Obra o en los trabajos conectados con ella como



reparaciones, transporte, conservación, entrenamiento, mantenimiento y a la disposición de instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se hace constar la obligación que en todo caso tiene el contratista de conocer y cumplir dichas disposiciones, aunque no se le haga notificación expresa al respecto y dar prioridad de atención y dedicación a la Seguridad y Salud, poniendo todos los medios humanos y materiales suficientes, y aunque algún elemento no figurase expresamente en el presente Estudio.

### **3. DATOS DE INTERÉS PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS**

#### **3.1. Características y descripción de la obra**

La Obra que se trata en el presente proyecto consiste en un PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS.

El proyecto se compone de un depósito superior, depósito inferior, galería de alta presión, galería de baja presión, toma inferior, central hidroeléctrica y el parque exterior de la subestación eléctrica.

##### **Descripción de la obra**

- Depósito superior

La balsa superior situará su coronación en cota 1610 msnm. La cota de fondo será la 1588,50 msnm por lo que la altura interior del dique será de 21.5 m. La cota máxima de lámina de agua se sitúa en la 1608,50 msnm, por lo que el resguardo previsto es de 1,5 m. Los taludes interiores y exteriores de la balsa contarán con una pendiente 1/1,8.

Se ha previsto una importante excavación para generar una explanación suficientemente amplia como para contener una balsa de capacidad de volumen almacenado de 2,7 Hm<sup>3</sup>.

El material de excavación será empleado para la construcción del dique, previo machaqueo, clasificación y cribado. El balance de tierras proporciona un exceso de material que en parte podrá ser depositado junto a los taludes de la propia balsa, generando una geometría irregular que favorecerá la integración visual.

Se dispondrá de un camino perimetral para la inspección y mantenimiento con vallado de protección. Se impermeabilizará mediante un fieltro de geotéxtil y una lámina de PEAD.

- Depósito inferior

El depósito inferior lo constituye el embalse de Matalavilla. Esta tiene un volumen útil  $65 \text{ Hm}^3$ .

- Galería de alta presión

La conducción forzada se ha proyectado con un diámetro interior de 4,5 m. Está recubierta de hormigón, con un espesor de 0,5 m, y con chapa de acero (Véase Anejo 5 de Estudio de Túneles).

La galería de alta presión se inicia mediante un pozo vertical de 20 m de longitud excavado en mina. Este pozo enlaza mediante un codo de 10 m de radio con un tramo horizontal de 189 m de longitud en el que se instalarán dos válvulas de mariposa para permitir el cierre de la galería. Las válvulas se situarán en una cámara a la que se tendrá acceso desde el exterior mediante unas escaleras que descenderán 23,65 m por una galería vertical, la cual se proyecta con dimensiones suficientes para permitir el izado de las válvulas y de los elementos auxiliares. A 25 m aguas abajo de las válvulas se produce otro codo, de las mismas características que el anterior, y se recupera la alineación vertical, descendiendo sin variaciones hasta alcanzar la cota 1188 msnm, prosigue con una pendiente del 23% en una longitud de 1305 m hasta las proximidades de la caverna, donde tras un codo adopta una alineación horizontal hasta enlazar con la turbina. Este tramo horizontal se sitúa en cota 860 msnm y cuenta con una longitud de 167,3 m. hasta la bifurcación. El tramo vertical se excavará en sección circular de 5.5 m de diámetro mínimo, previéndose un recubrimiento de hormigón armado de 50 cm y un blindaje de acero de un mínimo de 2 cm de espesor de acero S355.

- Central

La central se proyecta en una caverna situada al final de la conducción de alta presión, con los dos grupos de Turbinas Francis dispuestos alineados de forma que la restitución enlaza directamente con la galería de baja presión en dirección al embalse inferior.

- Galería de baja presión

La galería de baja presión se inicia en la aspiración de las turbo-bombas, en cota 852,55 msnm. La galería se prolonga con una pendiente de 4.25% hacia el embalse de Matalavilla, en una longitud de 1115.9 m, tras la cual se produce un leve codo de 2.44° con el que adopta una alineación horizontal. A 33 m aguas abajo del codo se sitúa la torre de compuertas, desde la que se podrá aislar la conducción. En este tramo la sección será cuadrada de 4,5 m de lado, por lo que tanto aguas arriba como aguas abajo, se habrán situado dos transiciones redondo cuadrado.

A 114,6 m aguas abajo de esta torre se llega al embalse, en el que se realizará una obra de captación-restitución, consistente en un ensanchamiento con formas hidrodinámicas que minimicen las pérdidas de carga, consistente en una gran losa y dos muros de contención laterales. Encajando en este sistema se situará una reja que evite la entrada de cuerpos flotantes.

La totalidad de la galería contará con un diámetro interior de 4.5 m. El espesor del recubrimiento de hormigón armado será de 50 cm mínimo y se blindará en su totalidad con 2 cm de chapa de acero S355

- Parque exterior subestación eléctrica

El parque exterior está situado en el margen izquierdo del río Salentinos. Las dimensiones en planta del parque son de 104 x 70 m.

### **3.2. Previsión de medios humanos para el desarrollo de la obra**

El personal máximo previsto para la realización de las obras se estima en (estos datos se precisarán en el proyecto constructivo, estos son solo una aproximación):

CARGA MEDIA: 40 TRABAJADORES

CARGA MÁXIMA: 75 TRABAJADORES

Todos los trabajadores recibirán información de los trabajos a realizar y de los riesgos que conllevan, así como formación para la correcta adopción de medidas de seguridad para anularlos y/o neutralizarlos mediante la implantación de medios de protección colectiva, en primer lugar, y utilización de equipos de protección individual, en segundo lugar.

### **3.3. Interferencias y servicios afectados por la situación de la obra**

Antes del inicio de las obras se obtendrá toda la información posible de las instalaciones existentes al igual que se deberá inspeccionar visualmente "in situ" los posibles servicios no documentados por las diferentes compañías o que se encuentren ocultos.

Si durante la realización de trabajos en la obra se detecta alguna interferencia con Servicios Públicos (líneas eléctricas, gas, agua, teléfonos, etc ), se acordonará la zona y se solicitará a la Compañía instaladora, por escrito, proceder a la desviación de la/s misma/s. Si no es posible la paralización de los trabajos se comunicará al Servicio de Prevención quien dará instrucciones sobre las medidas preventivas a adoptar.

Mientras la desviación no se haga efectiva, se adoptarán las siguientes medidas preventivas.

#### **3.3.1. Líneas eléctricas de alta tensión**

##### **Aéreas**

Se considerarán unas distancias mínimas de seguridad, medidas entre el punto más próximo con tensión y la parte más cercana del cuerpo o herramienta del obrero o de la máquina, considerando siempre la situación más desfavorable.

Los criterios preventivos que pueden aplicarse y que están recogidos en muchas publicaciones especializadas, como las de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA, dan como "Distancias Mínimas" de seguridad las siguientes:

- 3 m para  $T < 66000V$
- 5 m para  $T > 66000V$

La distancia de seguridad mínima es función de la tensión de la línea y del alejamiento de los soportes de ésta. Cuando aumenta la temperatura, los conductores se alargan y, por este hecho, disminuye la distancia con respecto al suelo.

Ésta puede reducirse en varios metros en caso de fuerte aumento de la temperatura. El viento provoca un balanceo de los conductores, cuya amplitud también puede alcanzar varios metros.

Como resumen debe considerarse siempre la situación más desfavorable.

#### Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficie de agua no navegable, a una altura mínima de:

$$5,3 + \frac{U}{150} \text{ metros}$$

$U$  = Tensión nominal de la línea en KV.

Con un mínimo de 6,00 metros.

#### Puesta en obra de los aparatos de elevación

Los aparatos de elevación y sus cargas, que en el curso de sus movimientos, permanecen fuera de la zona peligrosa, pueden ponerse en servicio sin tomar medidas especiales. No obstante, hay que tener en cuenta:

- La desviación con relación a la vertical por el balanceo de las cargas.
- La dilatación de los conductores de la línea por la variación de la temperatura, y el consiguiente cambio de la longitud de la catenaria de los cables.

Si los aparatos de elevación o cargas suspendidas pueden penetrar en la zona peligrosa, deben adoptarse algunas de las siguientes medidas de seguridad:

- Desplazar la línea.
- Aislar los conductores desnudos: la colocación y quitado del aislamiento deben hacerse por el propietario de la línea.
- Limitar el movimiento de traslación, de rotación y de elevación del ingenio por dispositivos de parada mecánicos.
- Limitar la zona de trabajo de los ingenios por barreras de protección.
- Éstas delimitan la distancia mínima entre el ingenio y la línea.

#### Bloqueos y barreras de protección

Para las máquinas, como grúas, palas, excavadoras, etc., se señalizarán las zonas que no deben traspasar y, para ello, se interpondrán barreras que impidan todo contacto con las partes en tensión. Estas barreras deben fijarse de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales.

Las barreras de protección son construcciones formadas, generalmente, por soportes colocados verticalmente y cuyo pie está sólidamente afincado en el suelo, arriostros por medio de cables, unidos por largueros o tablas.

Los largueros o las tablas deben de impedir el acceso a la zona peligrosa.

El espacio vertical máximo entre los largueros o las tablas no debe de sobrepasar de 1,00 m.

En lugar de colocar los largueros o las tablas, se pueden utilizar cables de retención provistos de la adecuada señalización.

Los cables deben estar siempre bien tensos. El espacio vertical entre los cables de retención no debe ser superior a 0,50 m.

La dimensión de los elementos de las barreras de protección debe ser determinada en función de la fuerza de los vientos que soplan en la zona.

Se colocarán redes cuya abertura de las mallas no sobrepase los 6 cm entre los largueros, las tablas o los cables de retención, para evitar que elementos metálicos de andamios, hierros de armadura, etc., puedan penetrar en la zona de riesgo.

#### Paso bajo líneas aéreas en tensión

La altura de paso máximo bajo líneas eléctricas aéreas, debe estar delimitada por barreras de protección, indicadoras del gálibo máximo permisible de seguridad.

Las barreras de gálibo generalmente están compuestas por dos largueros colocados verticalmente, sólidamente anclados, unidos a la altura de paso máximo admisible por un larguero horizontal.

En lugar del larguero horizontal, se puede utilizar un cable de retención bien tenso, provisto de señalización.

Deben colocarse barreras de protección en cada lado de la línea aérea. Su alejamiento de la zona peligrosa viene determinado por la configuración de lugares bajo la línea aérea (depresiones de terreno o terraplenes).

La altura de paso máximo debe de ser señalada por paneles apropiados fijados a la barrera de protección.

Las entradas del paso deben de señalarse en los dos lados.

Recomendaciones a observar en caso de accidente.



### Caída de línea

Se debe prohibir el acceso del personal a la zona de peligro, hasta que un especialista compruebe que están sin tensión.

No se deben tocar a las personas en contacto con una línea eléctrica. En el caso de estar seguro de que se trata de una línea de baja tensión, se intentará separar a la víctima mediante elementos no conductores, sin tocarla directamente.

### Accidente con máquinas

En el caso de contacto de una línea aérea con maquinaria de excavación, transporte, etc., sobre cubiertas neumáticas deben observarse las siguientes normas:

El conductor o maquinista:

- Conservará la calma incluso si los neumáticos comienzan a arder.
- Permanecerá en su puesto de mando o en la cabina, debido a que allí está libre de riesgo de electrocución.
- Se intentará retirar la máquina de la línea y situarla fuera de la zona peligrosa.
- Advertirá a las personas que allí se encuentren de que no deben tocar la máquina.
- No descenderá de la máquina hasta que ésta no se encuentre a una distancia segura. Si es imposible separar la máquina y, en caso de absoluta necesidad, el conductor o maquinista no descenderá utilizando los medios habituales, si no que saltará lo más lejos posible de la máquina, evitando tocar ésta.

### Normas generales de actuación

- No tocar la máquina o la línea caída a tierra.
- Permanecer inmóvil o salir de la zona a pequeños pasos, para asegurar que los valores de la tensión de paso concéntricos al punto en que la máquina o línea hace tierra, pudieran dar lugar a gradientes de potencial muy peligrosos.
- Advertir a las otras personas que se encuentran fuera de la zona peligrosa de no acercarse a la máquina.
- Hasta que no se realice la separación entre la línea eléctrica y la máquina y se abandone la zona peligrosa, no se efectuarán los primeros auxilios a la víctima.

### Subterráneas

Antes de comenzar los trabajos en obras con posibles interferencias de líneas eléctricas enterradas, es recomendable atender a las siguientes normas:

- No tocar o intentar alterar la posición de ningún cable.
- Se procurará no tener cables descubiertos que puedan sufrir por encima de ellos el peso de la maquinaria o vehículos, así como posibles contactos accidentales por personal de obra y ajeno a la misma.
- Utilizar detectores de campo capaces de indicarnos trazado y profundidad del conductor.
- Emplear señalización indicativa del riesgo, siempre que sea posible, indicando la proximidad a la línea en tensión y su área de seguridad.
- A medida que los trabajos siguen su curso se velará porque se mantengan en perfectas condiciones de visibilidad y colocación la señalización anteriormente mencionada.
- Informar a la Compañía propietaria inmediatamente, si un cable sufre daño.
- Conservar la calma y alejar a todas las personas para evitar riesgos que puedan ocasionar accidentes.

#### Normas básicas de realización de los trabajos

- No utilizar picos, barras, clavos, horquillas o utensilios metálicos puntiagudos en terrenos blandos (arcillosos) donde pueden estar situados cables subterráneos.

- Se conoce perfectamente su trazado y profundidad.

Si la línea está recubierta con arena, protegida con fábrica de ladrillo y señalizada con cinta (generalmente indicativa de la tensión) se podrá excavar con máquinas hasta 0,50 m. de conducción (salvo que previamente de conformidad con la Compañía propietaria, nos hubiera sido autorizado realizar trabajos a cotas inferiores a la señalada anteriormente) y a partir de aquí se utilizará la pala manual.

- No se conoce exactamente el trazado, la profundidad y la protección.

Se podrá excavar con máquina hasta 1,00 m. de conducción, a partir de ésta cota y hasta 0,50 m. se podrán utilizar martillos neumáticos, picos, barras, etc., y, a partir de aquí, pala manual.

Con carácter general, en todos los casos, en los que la conducción quede al aire, se suspenderá o apuntalará, se evitará igualmente que pueda ser dañada accidentalmente por maquinaria, herramientas, etc., así como si el caso lo requiere, obstáculos que impidan el acercamiento. Una vez descubierta la línea, para continuar los trabajos en el interior de las zanjas, pozos, etc., se tendrá en cuenta, como principales medidas de seguridad, el cumplimiento de las cinco reglas siguientes:

- Descargo de la línea.
- Bloqueo contra cualquier alimentación.

- Comprobación de la ausencia de tensión.
- Puesta a tierra y en cortocircuito.
- Asegurarse contra posibles contactos con partes cercanas en tensión, mediante su recubrimiento o delimitación.

Estas medidas de seguridad se realizarán siguiendo el orden de arriba a abajo.

En la actualidad existen unos aparatos llamados "detectores de campo", capaces de indicarnos el trazado y la profundidad de la línea. La precisión de estos aparatos es función de su sensibilidad y de la tensión del conductor.

### **3.3.2. Conducciones de gas**

Cuando se realicen excavaciones sobre gaseoductos, se tomarán precauciones especiales, para no dañar la tubería y evitar los peligros del trabajo en presencia de gas.

#### **Ejecución de los trabajos**

Cuando se descubra un tramo de gaseoducto, se seguirá, en líneas generales, las recomendaciones siguientes:

##### **Identificación:**

Se identificará el trazado de la tubería que se quiere excavar a partir de los planos constructivos de la misma, localizando también en los planos disponibles, las canalizaciones enterradas de otros servicios que puedan ser afectados.

##### **Señalización:**

Se procederá a localizar la tubería mediante un detector, marcando con piquetas su dirección y profundidad, se hará igualmente con las canalizaciones enterradas de otros servicios. Indicando además el área de seguridad.

Conducciones enterradas a profundidad igual o menor de 1,00 m:

En éste caso se empezará siempre haciendo catas a mano, hasta llegar a la generatriz superior de la tubería, en el número que se estime necesario, para asegurarse de su posición exacta.

Conducciones enterradas a profundidad superior a 1 m:

Se podrá empezar la excavación con máquina, hasta llegar a 1,00 m. sobre la tubería, procediéndose a continuación como en el punto anterior.

Finalización de la excavación:

Una vez localizada exactamente la tubería mediante catas, se procederá a finalizar la excavación, siguiendo las precauciones y recomendaciones que a continuación se indican.

**Precauciones y Recomendaciones**

Anchura y profundidad de zanjas:

Las dimensiones transversales y profundidad de la zanja a excavar se fijarán en cada caso, en función del personal y la maquinaria que intervengan en la excavación.

Intervención en tuberías:

En caso de tener que intervenir en la tubería, se descubrirá longitudinalmente un tramo algo superior al estrictamente requerido, a fin de permitir la flexión de la tubería con gatos, para realizar los acoplamientos necesarios.

Tramos a descubrir:

No se descubrirán tramos de tubería de longitud superior a 15m.

Dudas en la existencia o situación de canalizaciones:

En caso de que se presentasen dudas sobre la existencia o situación de canalizaciones enterradas de terceros, se consultará al titular de la canalización acerca de la ubicación de la misma, y si fuera necesario se requerirá la presencia de un técnico designado por el titular para que presencie los trabajos de excavación.

Excavación mecánica:

No se permitirá la excavación mecánica a una distancia inferior de 0,50 m. de una tubería de gas a la presión de servicio.

Utilización de dragas:

No se permitirá la utilización de dragas en la excavación, cuando la tubería tenga un recubrimiento de tierra de espesor inferior a 1,00 m.

**Normas de seguridad**

Cuando se trabaja en proximidad de conducciones de gas o cuando sea necesario descubrir éstas, se prestará interés especial a los siguientes puntos:

- Se proveerá y mantendrá todas las luces guardas, cercas y vigilancia para la protección de las obras o para la seguridad de terceros cuando el caso lo requiera.
- Se instalarán las señales precisas para indicar el acceso a la obra, circulación en la zona que ocupan los trabajadores y los puntos de posible peligro, debido a la marcha de aquellos, tanto en dicha zona como en sus límites e inmediaciones.
- Queda enteramente prohibido fumar o realizar cualquier tipo de fuego o chispa dentro del área afectada.
- Queda enteramente prohibido manipular o utilizar cualquier aparato, válvula o instrumento de la instalación en servicio.
- Está prohibida la utilización, por parte del personal, de calzado que lleve herrajes metálicos, a fin de evitar la posible formación de chispas al entrar en contacto con elementos metálicos.
- No se podrá almacenar material sobre conducciones de cualquier clase.
- En los lugares donde exista riesgo de caída de objetos o materiales, se pondrán carteles advirtiendo de tal peligro, además de la protección correspondiente.
- Queda prohibido utilizar las tuberías, válvulas, etc., como puntos de apoyo para suspender o levantar cargas.
- Para colocar o quitar bombillas de los portalámparas en zonas de conducciones de gas, es obligatorio desconectar previamente el circuito eléctrico.
- Todas las máquinas utilizadas en proximidad de gaseoductos que funcionen eléctricamente, dispondrán de una correcta conexión a tierra.
- Los cables o mangueras de alimentación eléctrica utilizados en éstos trabajos, estarán perfectamente aislados y se procurará que en sus tiradas no haya empalmes.

### **Actuación en caso de fuga de gas, incendio o explosión**

En caso de escape incontrolado de gas, incendio o explosión, todo el personal de la obra se retirará más allá de la distancia de seguridad señalada y no se permitirá acercarse a nadie que no sea el personal de la Compañía Instaladora.

#### **Grupos electrógenos y compresores.**

En los casos en que haya que emplear grupos electrógenos o compresores, se situarán tan lejos como sea posible de la instalación en servicio, equipando los escapes con rejillas cortafuegos.

#### **Conducciones de agua.**

Cuando haya que realizar trabajos sobre conducciones de agua, tanto de abastecimiento como de saneamiento, se tomarán medidas que eviten que, accidentalmente, se dañen éstas tuberías y, en consecuencia, se suprima el servicio.

#### **Identificación.**

En caso de no ser facilitados por la Dirección Facultativa planos de los servicios afectados, se solicitarán a los Organismos encargados, a fin de poder conocer exactamente el trazado y profundidad de la conducción (se dispondrá, en lugar visible, teléfono y dirección de estos Organismos.).

#### **Señalización.**

Una vez localizada la tubería, se procederá a señalizarla, marcando con piquetas su dirección y profundidad.

#### **Recomendaciones en ejecución.**

- Es aconsejable no realizar excavaciones con máquinas a distancias inferiores a 0,50 m. de la tubería en servicio. Por debajo de ésta cota se utilizará la pala manual.
- Una vez descubierta la tubería, caso en que la profundidad de la excavación sea superior a la situación de la conducción, se suspenderá o apuntalará, a fin de que no rompa por flexión en tramos de excesiva longitud, se protegerá y señalizará convenientemente, para evitar que sea dañada por maquinaria, herramientas, etc.
- Se instalarán sistemas de iluminación a base de balizas, hitos reflectantes, etc., cuando el caso lo requiera.
- Está totalmente prohibido manipular válvulas o cualquier otro elemento de la conducción en servicio, si no es con la autorización de la Compañía Instaladora.
- No almacenar ningún tipo de material sobre la conducción.



- Está prohibido utilizar las conducciones como puntos de apoyo para suspender o levantar cargas.
- Actuación en caso de rotura o fuga en la canalización.
- Comunicar inmediatamente con la Compañía instaladora y paralizar los trabajos hasta que la conducción haya sido reparada.

### 3.4. Tráfico rodado

Debido a la situación de la obra, se producirá durante su transcurso movimiento de vehículos y máquinas en los accesos de la misma ocupando los viales periféricos en operaciones de elevación, transporte y colocación de cargas en el interior de la obra.

En estas operaciones se realizarán los desvíos de vehículos y peatones necesarios, colocando señalizaciones, balizamientos, protecciones y la presencia de un vigilante que se regule el paso.

### 3.5. Estudio geotécnico

Una vez analizado el estudio GEOTÉCNICO se destacarán los aspectos que tengan relación con la seguridad y salud laboral.

### 3.6. Climatología y medio ambiente

Deberán estudiarse las variables de tipo climatológico que puedan tener relación con la seguridad y salud laboral.

Para prever el vuelco por acción del viento de encofrados y paramentos verticales, éstos deberán estar apuntalados y arriostrados con los elementos o sistemas pertinentes.

En el caso de la aparición de vientos con velocidades superiores a 60 Km/h. se suspenderá la elevación de cargas con grúas y los trabajos sobre andamios.

### 3.7. Vehículos, máquina y medios auxiliares a utilizar

#### **En excavaciones y zanjas**

- Vehículos y Máquinas.
- Retro excavadoras
- Palas cargadoras
- Compactador vibratorio
- Camiones
- Medios auxiliares.
- Elementos y sistemas de apuntalamiento o entibación.
- Medios auxiliares.
- Escaleras manuales.
- Andamios y plataformas de trabajo
- Elementos de encofrado y apuntalamiento
- Sierras circulares eléctricas
- Vibradores de hormigón

#### **En cerramientos y albañilería**

- Vehículos y máquinas.
- Camiones
- Medios auxiliares.
- Sierras de corte de material cerámico
- Uñas porta palets para grúas
- Plataformas de descarga de materiales
- Transpalets

#### **Montajes metálicos**

- Vehículos y máquinas.
- Grúas autopropulsadas
- Equipos de soldadura
- Radiales -Medios auxiliares
- Carro porta cilindros
- Banquetas
- Pasarelas

- Escaleras
- Andamios tubulares

#### **Instalaciones**

- Vehículos y máquinas
- Camiones
- Grúas electromotrices
- Medios auxiliares.
- Escaleras manuales
- Andamios metálicos tubulares
- Plataformas de trabajo
- Grupos de corte y soldadura
- Máquinas eléctricas portátiles

#### **En todas las fases de obra**

- Vehículos y máquinas
- Dumper motovolquet

## **4. ACTUACIONES PREVIAS A LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

### **4.1. Accesos y cerramientos**

#### **Accesos**

Se establecerán accesos cómodos y seguros para personas y vehículos y maquinaria.

#### **Cerramiento**

En un plano general de obra se detallará el cerramiento perimetral que impida el paso de personas y vehículos ajenos a la misma.

La altura de dicha protección perimetral será como mínimo de 2 metros.

### **Rampas**

Las rampas para el movimiento de camiones se ejecutarán con pendientes iguales o inferiores al 12% en los tramos rectos y al 8% en las curvas.

El ancho mínimo será de 4,5 metros en los tramos rectos y sobre ancho adecuado en las curvas.

Se colocarán las siguientes señales:

A la salida de la rampa señal de "stop".

A la entrada de la rampa señales de "limitación de velocidad a 40 Km/h" y "entrada prohibida a peatones".

Asimismo se señalizarán adecuadamente los dos laterales de la rampa estableciendo límites seguros para evitar vuelcos o desplazamientos de camiones o maquinaria.

## **4.2. Señalización**

De forma general, deberá atenderse la siguiente señalización en la obra, si bien se utilizará la adecuada en función de las situaciones no previstas que surjan.

En la/s entrada/s de personal a la obra, se instalarán las siguientes señales:

- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra.
- Uso obligatorio del casco de seguridad.
- Peligro indeterminado.

Superada la puerta de entrada, se colocará un panel informativo con las señales de seguridad de Prohibición, Obligación y Advertencia más usuales.

- En los cuadros eléctricos generales y auxiliares de obra, se instalarán las señales de riesgo eléctrico.
- En las zonas donde exista peligro de caída de altura y base de grúas torre se utilizarán las señales de peligro caídas a distinto nivel y utilización obligatoria del cinturón de seguridad.
- Deberá utilizarse la cinta balizadora para advertir de la señal de peligro en aquellas zonas donde exista riesgo (zanjas, vaciados, forjados sin desencofrar, etc.) y colocarse la señal de riesgo de caída a distinto nivel, hasta la instalación de la protección perimetral con elementos rígidos y resistentes.
- En las zonas donde exista peligro de incendio por almacenamiento de material combustible, se colocará señal de prohibido fumar.

- En las sierras de disco para madera se colocarán pegatinas de uso obligatorio de gafas y guantes.
- En las hormigoneras y sierras circulares para corte cerámico se colocarán pegatinas de uso de gafas y máscara antipolvo.
- En los trabajos con martillos neumáticos y compresores se colocará la señal de uso obligatorio de protectores auditivos.
- En la zona de ubicación del botiquín de primeros auxilios, se instalará la señal correspondiente para ser localizado visualmente.
- En las zonas donde se coloquen extintores se pondrán las correspondientes señales para su fácil localización.
- En los trabajos superpuestos y operaciones de desencofrado se colocará la señal de caída de objetos.
- En las zonas de acopio de materiales se colocará la señal de caída al mismo nivel.

### **4.3. Instalaciones provisionales de los trabajadores**

Todas las instalaciones de la obra se mantendrán limpias. En consecuencia con lo anterior, se organizará un servicio de limpieza para que sean barridas y fregadas con los medios necesarios para tal fin.

Los residuos no deben permanecer en los locales utilizados por las personas sino en el exterior de estos y en cubos con tapa.

Se cumplirán las siguientes normas:

#### Comedor

- 1 Caliente comidas por cada 50 operarios.
- 1 Grifo en la pileta por cada 10 operarios

#### Aseos

- 1 Inodoro por cada 25 operarios.
- 1 Ducha por cada 10 operarios.
- 1 Lavabo por cada 10 operarios.
- 1 Espejo (40x50) por cada 25 operarios.
- 1 Calentador agua.
- Jabón, portarrollos, papel higiénico, etc.

Vestuarios

- Bancos, perchas.
- 1 Taquilla por trabajador

#### **4.4. Primeros auxilios. Itinerarios para accidentes graves**

La asistencia elemental para las pequeñas lesiones sufridas por el personal de obra, se atenderán en el botiquín instalado a pie de obra y facilitado por la MUTUA DE ACCIDENTES DE TRABAJO.

Asimismo, se dispondrá de un botiquín para efectuar las curas de urgencia y convenientemente señalizado. Se hará cargo de dicho botiquín la persona más capacitada designada por la empresa contratista.

El botiquín contendrá:

- 1 Frasco conteniendo agua oxigenada.
- 1 Frasco conteniendo alcohol de 96 grados.
- 1 Frasco conteniendo tintura de yodo.
- 1 Frasco conteniendo mercurocromo .
- 1 Frasco conteniendo amoníaco.
- 1 Caja conteniendo gasa estéril.
- 1 Caja conteniendo algodón hidrófilo estéril.
- 1 Rollo de esparadrapo.
- 1 Torniquete.
- 1 Bolsa para agua o hielo.
- 1 Bolsa conteniendo guantes esterilizados.
- 1 Termómetro clínico.
- 1 Caja de apósitos autoadhesivos.
- Analgésicos.

En la oficina de obra se instalará un cartel con los teléfonos de interés más importantes utilizables en caso de accidente o incidente en el recinto de obra.

El referido cartel debe estar en sitio visible y junto al teléfono, para poder hacer uso del mismo, si fuera necesario, en el menor tiempo posible.



Para la intervención facultativa ante siniestros con lesiones personales aparentemente leves, se recurrirá al Centro asignado.

Los siniestros con daños personales graves se remitirán directamente a la Residencia de la Seguridad Social:

El itinerario para acceder, en el menor plazo posible, al Centro asistencial para accidentes graves será conocido por todo el personal presente en la obra y colocado en sitio visible (interior de vestuario, comedor, etc).

#### **4.5. Zona de trabajo, circulación y acopios**

##### Circulación peatonal y de vehículos ajenos a la obra

- El recinto de la obra o de los tajos de trabajo correspondientes a la misma estarán perfectamente delimitados mediante vallado perimetral o balizado de toda su área de influencia, susceptible de ser franqueada por personal o vehículos ajenos a la obra.
- En aquellos tajos que puedan generar caídas de objetos desde alturas superiores, se dispondrá una marquesina rígida o, en su defecto, se acordonará la zona de riesgo de posible interferencia entre los materiales desprendidos y la circulación ajena a la obra.
- Se dispondrán protecciones colectivas, en previsión de caídas de objetos desde los tajos situados en altura (redes, plataformas de recogida, barandillas, etc).
- Las señales de tráfico deberán ajustarse, en cuanto a su distribución y características, a lo establecido para obras en la Instrucción 8.3-IC de la ORDEN MINISTERIAL de 31.08.87 del MOPU.
- Todos los accesos a la obra dispondrán de las señales de seguridad normalizadas según lo establecido en el R.D. 1403/1986, sobre señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo.
- Los obstáculos situados en las inmediaciones de la obra deberán estar adecuadamente balizados y señalizados.
- Se contratará un Seguro de Responsabilidad Civil de la obra.

##### Circulación del personal de obra

- Las conducciones y otros elementos situados a una altura inferior a 1,80 m., situados sobre los lugares de trabajo, habrán de estar adecuadamente señalizados, para evitar choques contra ellos.

- Las zonas de paso que deban superar zanjas y desniveles deben disponer de pasarelas con barandillas sólidas y completas.
- Los accesos fijos a distintos niveles de la obra deben disponer de escaleras con peldaños amplios, sólidos y estables, dotados de barandillas o redes, cerrando los laterales.
- Las zonas de paso deben estar permanentemente libres de acopios y obstáculos.
- Los puntos de previsible caída de objetos desde tajos superiores, así como las zonas de peligro por evolución de máquinas en movimiento, deben permanecer perfectamente acotadas mediante balizas y señalización de riesgo.
- Los huecos horizontales o verticales con riesgos de caídas de altura de personas u objetos, deben estar condenados, protegidos o, como mínimo y en momentos puntuales, señalizados.
- Todas las zonas de paso del personal estarán dotadas de iluminación suficiente.

#### Circulación de vehículos de obra.

- Previo al establecimiento definitivo de zonas de paso para vehículos de obra, se habrá comprobado previamente el buen estado del firme, especialmente en lo relativo a terraplenes, rellenos y terrenos afectados por la climatología.
- Los cables eléctricos y mangueras no deben verse afectados por el paso de vehículos, acudiendo si es preciso a la canalización enterrada o mediante una protección de tabloncillos al mismo nivel o, en su defecto, procediendo a realizar una conducción elevada a más de 3 m. de altura.
- Los circuitos de circulación del personal y de vehículos de obra deben estar perfectamente definidos y separados.
- Las excavaciones al descubierto, próximas a zonas de circulación de vehículos de obra, estarán protegidas y situadas a 1 m. del perímetro del hueco.

## **4.6. Instalación eléctrica provisional**

Previo petición de suministro, se procederá al montaje de la instalación eléctrica provisional de obra.

Deben considerarse como riesgos más frecuentes los siguientes:

- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.

- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Mal comportamiento de las tomas de tierra (incorrecta instalación).
- Quemaduras.
- Incendios. Se adoptarán las siguientes medidas preventivas

#### Para los cables

- El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar en función del cálculo realizado para la maquinaria e iluminación prevista.
- Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones y repelones).
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.
- Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones estancos antihumedad.
- Los empalmes definitivos se ejecutarán utilizando cajas de empalmes normalizados estancos de seguridad.
- Las mangueras de "alargadera", por ser provisionales y de corta estancia, pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
- Las mangueras de "alargadera" provisionales, se empalmarán mediante conexiones estancos antihumedad o fundas aislantes termorretráctiles.

#### Para los interruptores

- Se ajustarán expresamente a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Las cajas de interruptores poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de "peligro, riesgo eléctrico".

#### Para los cuadros eléctricos

- Serán metálicos de tipo intemperie, con puerta y cerradura (con llave), según norma UNE-20324.
- Pese a ser para intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.

- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Poseerán adheridas sobre la puerta una señal normalizada de "peligro, riesgo eléctrico" .
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien, a "pies derechos" firmes.
- Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

#### Para las tomas de energía

- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas (protegidas contra contactos directos). Esta norma es extensiva a las tomas del "cuadro general" y "cuadro de distribución".
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.
- La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

#### Para la protección de los circuitos

- La instalación poseerá todos aquellos interruptores automáticos que el cálculo defina como necesarios; no obstante, se calcularán siempre aminorando con el fin de que actúen dentro del margen de seguridad, es decir, antes de que el conductor al que protegen, llegue a la carga máxima admisible.
- Los interruptores automáticos se instalarán en todas las líneas de toma de corriente de los cuadros de distribución y de alimentación a todas las máquinas, aparatos y máquinas-herramientas de funcionamiento eléctrico.
- Los circuitos generales estarán también protegidos con interruptores
- La instalación de alumbrado general, para las "instalaciones provisionales de obra y de primeros auxilios" y demás casetas, estará protegida por interruptores automáticos magnetotérmicos.
- Toda la maquinaria eléctrica estará protegida por un disyuntor diferencial.
- Todas las líneas estarán protegidas por un disyuntor diferencial.
- Los disyuntores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:  
300 mA - (según R.E.B.T.). Alimentación a la maquinaria.  
30 mA - (según R.E.B.T.). Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA - Para las instalaciones eléctricas de alumbrado no portátil

Para las tomas de tierra.

- Los transformadores de la obra serán dotados de una toma de tierra ajustada a los Reglamentos vigentes y a las normas propias de la compañía eléctrica suministradora en la zona.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.
- Se instalarán tomas de tierra independientes en los siguientes casos:  
Carriles para estancia o desplazamiento de máquinas.  
Carriles para desplazamiento de montacargas o de ascensores.
- La toma de tierra de las máquinas-herramienta que no estén dotadas de doble aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.
- Las tomas de tierra calculadas estarán situadas en el terreno de tal forma que su funcionamiento y eficacia sea el requerido por la instalación.
- La conductividad del terreno se aumentará vertiendo agua de forma periódica en el lugar el hincado de la pica (placa o conductor).
- Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.

Para el mantenimiento y reparación de la instalación eléctrica provisional de obra

- El personal de mantenimiento de la instalación será electricista, en posesión de carnet profesional correspondiente.
- Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará "fuera de servicio" mediante desconexión eléctrica y el cuelgue del rótulo correspondiente en el cuadro de gobierno.
- La ampliación o modificación de líneas, cuadros y asimilables solo la efectuarán los electricistas.

#### **4.7. Iluminación**

La iluminación de los tajos será siempre la adecuada para realizar los trabajos con seguridad.

La iluminación mediante portátiles se hará con portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentado a 24 voltios.

Las zonas de paso de la obra estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros



## **4.8. Medidas contra incendios**

En los almacenamientos de obra.

Normalmente y por motivos de funcionalidad y organización de los tajos, se suelen almacenar en recintos separados los materiales que han de utilizarse en oficios distintos.

Este principio básico es favorable a la protección contra incendios y han de separarse claramente los materiales combustibles unos de otros, y todos ellos han de evitar cualquier tipo de contacto con equipos y canalizaciones eléctricas. Los combustibles líquidos y lubricantes precisan estar en un local aislado, vigilado y convenientemente ventilado, con todos los recipientes cerrados.

### En la maquinaria

La maquinaria, tanto fija como móvil, accionada por energía eléctrica, han de tener las conexiones de corriente bien realizadas, y en los emplazamientos fijos se instalará toma de tierra. Todos los desechos, virutas y desperdicios que se produzcan por el trabajo, han de ser apartados con regularidad, dejando limpios diariamente los alrededores de las máquinas.

### En el trasvase de combustible

Los operarios de trasvase de combustible han de efectuarse con una buena ventilación, fuera de la influencia de chispas y fuentes de ignición. Se preverá, asimismo, las consecuencias de posibles derrames durante la operación, por lo que se debe tener a mano tierra o arena para empapar el suelo.

La prohibición de fumar o encender cualquier tipo de llama ha de formar parte de la conducta a seguir en estos trabajos.

Cuando se trasvasan líquidos combustibles o se llenan depósitos, se pararán los motores accionados por el combustible que se está trasvasando.

### Protección de los trabajos de soldadura

En los trabajos de soldadura y corte se deben proteger de la proyección de materias incandescentes los objetos que sean susceptibles de combustión y que no hayan de ser cambiados de su emplazamiento, cubriéndolos con mantas ignífugas o con lonas, a ser posible mojada. Periódicamente se deben comprobar si bajo las lonas ha podido introducirse alguna chispa o ha habido un recalentamiento excesivo.

No podrán efectuarse trabajos de corte y soldadura en lugares donde haya explosivos, vapores inflamables, o donde pese a todas las medidas posibles de precaución no pueda garantizarse la seguridad ante un eventual incendio.

Medios de extinción para todos los casos.

En las situaciones descritas anteriormente (almacenes, maquinaria fija o móvil, trasvase de combustible, trabajos de soldadura) y en aquellas otras en que se manipule una fuente de ignición, han de colocarse extintores cuya carga y capacidad estén en consonancia con la naturaleza del material combustible y con el volumen de éste, así como de arena y tierra donde se manejen líquidos inflamables, con la herramienta propia para extenderla.

En el caso de grandes cantidades de acopio, almacenamiento o concentración de embalajes o desechos, han de completarse los medios de protección con mangueras de riego que proporcionen agua abundante.

Información a los vigilantes de obra.

Los vigilantes de obra serán informados de los puntos y zonas que pueden revestir peligro de incendio en la obra, y de las medidas de protección existentes en la misma, para que puedan eventualmente hacer uso de ellas, así como la posibilidad de dar el aviso correspondiente a los servicios públicos de extinción de incendios.

## **5. ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA, CLASIFICADOS POR FASES GLOBALES.**

### **5.1. Movimiento de tierras**

#### **5.1.1. Desmonte**

- Riesgos más frecuentes.
- Deslizamiento de tierra y/o rocas.
- Desprendimientos de tierras y/o rocas.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas de personal y/o materiales a distinto nivel desde el borde de la excavación.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Interferencias con conducciones.

- Medidas preventivas:
- Antes del inicio de los trabajos debe inspeccionarse el tajo, con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- El frente de excavación realizado mecánicamente, no sobrepasará en más de un metro, la altura máxima de ataque del brazo de la máquina.
- El acopio de tierras o de materiales no debe realizarse a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas estáticas y posibles desprendimientos
- Se eliminarán todos los bolos o viseras, de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desprendimiento.
- Se señalará la distancia de seguridad mínima de aproximación al borde de una excavación (mínimo 2 m., como norma general).
- Las coronaciones de taludes permanentes, a las que deban acceder las personas, se protegerán mediante barandillas situadas a dos metros como mínimo del borde de coronación del talud.
- Se prohíbe realizar cualquier trabajo al pie de taludes inestables.
- Se prohíben los trabajos en la proximidad de postes eléctricos, de telégrafo, etc., cuya estabilidad no esté garantizada.
- Protección individual.
- Casco de seguridad (lo utilizarán, aparte de personal a pie, los maquinistas y camioneros, que deseen o deban abandonar las correspondientes cabinas de conducción).
- Botas de seguridad.
- Trajes impermeables para ambientes lluviosos.
- Mascarillas anti polvo .
- Cinturón anti vibratorio (en especial para los conductores de maquinaria para el movimiento de tierras).
- Guantes.

#### **5.1.2. Vaciados**

##### Riesgos más frecuentes

- Desprendimiento de tierras.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caída de personas, vehículos, maquinaria u objetos desde el borde de coronación de la excavación.

- Caídas de personas al mismo nivel.

#### Medidas preventivas

- Antes del comienzo de los trabajos, se inspeccionará el estado de las medianerías, cimentaciones, apuntalamientos o apeos, etc. de los edificios colindantes, con el fin de prever posibles movimientos. Cualquier anomalía se comunicará de inmediato al Jefe de Obra, tras proceder a desalojar los tajos expuestos a riesgo.
- En el caso de presencia de agua en la obra (alto nivel freático, fuertes lluvias, inundaciones por rotura de conducciones, etc.), se procederá de inmediato a su achique en prevención de alteraciones del terreno que repercutan en la estabilidad de los taludes o de las cimentaciones próximas.
- Durante la excavación, antes de proseguir el frente de avance se eliminarán los bolos y viseras inestables.
- La coronación de taludes del vaciado a las que deben acceder las personas, se protegerán mediante barandillas, situada a dos metros del borde de coronación del talud (como norma general).
- Se prohíbe realizar cualquier trabajo al pie de taludes inestables.
- Se inspeccionarán antes de la reanudación de trabajos el buen comportamiento de las entibaciones, comunicando cualquier anomalía al Jefe de Obra tras haber paralizado los trabajos relacionados con el riesgo detectado.
- Se desmochará el borde superior del corte vertical en bisel con pendiente (1/1, 1/2, 1/3 según sea el tipo del terreno).
- Se prohíbe permanecer (o trabajar) en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.
- Se prohíbe permanecer (o trabajar) al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo, etc.
- Los caminos de circulación interna de vehículos tendrán una distancia mínima de aproximación del borde de coronación del vaciado de 3 m. para vehículos ligeros y 4m para los pesados.

#### Protección individual

- Casco de seguridad (lo utilizarán, a parte del personal a pie, los maquinistas y camioneros que deseen o deban abandonar las correspondientes cabinas de conducción).
- Botas de seguridad.
- Trajes impermeables para ambientes lluviosos.
- Mascarillas anti polvo

- Cinturón de seguridad clase C.
- Guantes.

### **5.1.3. Zanjas y Pozos**

#### Riesgos más frecuentes:

##### a) Pozos

- Caídas de objetos.
- Caídas de personas al caminar por las proximidades de un pozo.
- Derrumbamiento de las paredes del pozo.
- Interferencias con conducciones subterráneas.
- Inundación.
- Electrocución.
- Asfixia.

##### b) Zanjas

- Desprendimiento de tierras.
- Caída de personas al interior de la zanja.
- Atrapamiento de personas mediante maquinaria.
- Los derivados por interferencias con conducciones enterradas.
- Inundación.
- Caída de objetos.

#### Medidas preventivas:

##### a) Para la excavación de pozos

- El acceso y salida del pozo se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo y sobrepasará la profundidad a salvar en 1 m. aproximadamente.
- Quedan prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) en un círculo de 2 m (como norma general) alrededor de la boca del pozo.
- Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m. se adoptarán las medidas preventivas adecuadas, ya sean en los procedimientos de trabajo o de cualquier otra índole para evitar derrumbamientos.
- Cuando la profundidad de un pozo sea igual o superior a los 2 m., se rodeará su boca con barandillas.
- Cuando la profundidad de un pozo sea inferior a los 2 m., si bien siempre es aplicable la medida preventiva anterior, puede optarse por efectuar una señalización del peligro, por ejemplo:

I. Rodear el pozo mediante una circunferencia hecha con cal o yeso blanco, de diámetro superior al del pozo, más 2 metros.

II. Rodear el pozo mediante señalización de cuerda o cinta de banderolas, ubicada en torno al pozo sobre pies derechos, formando una circunferencia de diámetro igual al del pozo.

III. Cerrar el acceso a la zona al personal ajeno a la excavación del pozo.

- Al descubrir cualquier tipo de conducción subterránea, se paralizarán los trabajos avisando al Jefe de Obra para que dicte las acciones de seguridad a seguir.

- La iluminación interior de los pozos se efectuarán mediante "portátiles estanco antihumedad" alimentados mediante energía eléctrica a 24 voltios.

- Se prohíbe la utilización de maquinaria accionada por combustión o explosión en el interior de los pozos en prevención de accidentes por intoxicación.

b) Para la excavación de zanjas

- El acceso y salida de una zanja se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en el borde superior de la zanja y estará apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas. La escalera sobrepasará en 1 m., el borde de la zanja.

- Quedan prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia inferior a 2 m (como norma general) del borde de una zanja.

- Cuando la profundidad y el tipo de terreno de una zanja lo requiera, se adoptarán las medidas adecuadas para evitar desprendimientos.

- Cuando la profundidad de una zanja sea igual o superior a los 2 m. se protegerán los bordes de coronación mediante barandillas situadas a una distancia mínima de 2 m. del borde.

- Cuando la profundidad de una zanja sea inferior a los 2 m. puede instalarse una señalización de peligro:

- Si los trabajos requieren iluminación portátil, la alimentación de las lámparas se efectuará a 24 v. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora y de carcasmango aislados eléctricamente.

- En régimen de lluvias y encharcamiento de las zanjas, es imprescindible la revisión de las paredes antes de reanudar los trabajos.

- Se revisará el estado de taludes a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes dinámicos por proximidad de (caminos, carreteras, calles, etc.), transitados por vehículos; y en especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.



- Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

#### **5.1.4. Relleno de tierras**

##### Riesgos más frecuentes:

- Caídas de material desde las cajas de los vehículos.
- Interferencias entre vehículos por falta de dirección o señalización en las maniobras.
- Atropello de personas.
- Vuelco de vehículos durante descargas en sentido de retroceso.
- Accidentes por conducción sobre terrenos encharcados o barrizales. – Vibraciones sobre las personas.
- Ruido ambiental.

##### Medidas preventivas

- Todo el personal que maneje los camiones Dumper, apisonadoras o compactadoras, será especialista en el manejo de estos vehículos.
- Todos los vehículos serán revisados periódicamente, en especial los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejadas las revisiones en el libro de mantenimiento.
- Todos los vehículos de transporte de material empleados especificarán claramente la "Tara" y la "Carga máxima".
- Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción.
- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. (Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras).
- Se señalizarán los accesos y recorrido de los vehículos en el interior de la obra para evitar las interferencias.
- Se instalarán en el borde de los terraplenes de vertidos, topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m., (como norma general), en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento. (La visibilidad para el maquinista es inferior a la deseable dentro del entorno señalado).
- Todos los vehículos empleados en las operaciones de relleno y compactación serán dotados de bocina automática de marcha hacia atrás.
- Se señalizarán los accesos a la vía pública, mediante las señales normalizadas de "peligro indefinido", "peligro salida de camiones" y "STOP".

- Los vehículos utilizados estarán dotados de la póliza de seguro con responsabilidad civil limitada.
- Se establecerán a lo largo de la obra los letreros divulgativos y señalización de los riesgos propios de este tipo de trabajos (peligro: -vuelco-, -atropello-, - colisión-, etc.).

Protección individual:

- Casco.
- Botas de seguridad.
- Botas impermeables de seguridad.
- Mascarillas anti polvo .
- Guantes de cuero.
- ☐ Cinturón antivibratorio.
- Cinturón de Seguridad.

## **5.2. Cimentación y estructuras**

### **5.2.1. Encofrados**

Riesgos más frecuentes:

- Golpes en las manos durante el empleo del martillo.
- Caída de los encofradores al vacío.
- Vuelcos de los paquetes de madera (tablones, tableros, puntales, correas, soportes), durante las maniobras del izado a las plantas.
- Caída de madera al vacío durante las operaciones de desencofrado.
- Caída de personas al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas.
- Caída de personas por el borde o huecos.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cortes al utilizar las mesas de sierra circular.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Electrocutión por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctrica.
- Golpes en general con objetos.
- Dermatitis por contactos con el cemento.

Medidas preventivas:

a) En madera

- En estos trabajos se utilizarán horcas y redes para evitar caídas al vacío.

- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante la operación de descarga de tablonos, ferralla, etc.
- Se instalarán cubridores sobre las esperas de ferralla de las losas de escalera (sobre las puntas de los redondos, para evitar su hincapié en las personas).
- Se esmerará el orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán.
- El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas, realizándose siempre desde el lado del que no puede desprenderse la madera, es decir, desde el ya desencofrado.
- El desprendimiento de los tableros se ejecutará mediante uña metálica, realizando la operación desde una zona ya desencofrada.
- Concluido el desencofrado, se apilarán los tableros ordenadamente para su transporte sobre bateas emplintadas.

Protección individual:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad (Clase C).
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Botas de goma o P.V.C. de seguridad.

**5.2.2. Ferralla**

Riesgos más frecuentes:

- Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero.
- Aplastamientos durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla.
- Aplastamientos durante las operaciones de montaje de armaduras.
- Tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Los derivados de las eventuales roturas de redondos de acero durante el estirado o doblado.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.

Medidas preventivas:

- Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio clasificado de los redondos de ferralla próximo al lugar de montaje de armaduras.
- Las líneas eléctricas de distribución, de cuadro a máquinas, se protegerán para evitar pinchazos, repelones y en consecuencia posibles contactos eléctricos indirectos.
- Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa.
- La ferralla montada (pilares, parrillas, etc.) se almacenará en los lugares designados a tal efecto separado del lugar de montaje.
- Los desperdicios o recortes de hierro y acero, se recogerán acopiándose en el lugar determinado para su posterior carga y transporte al vertedero.

Protección individual:

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma de P.V.C. de seguridad.
- Cinturón porta-herramientas.
- Cinturón de seguridad clase C.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.

**5.2.3. Manipulación del hormigón**

Medidas preventivas:

a) Vertidos mediante canaleta

- Se instalarán topes de final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.
- La maniobra de vertido será dirigida por un Capataz que vigilará no se realicen maniobras inseguras.

b) Vertido mediante bombeo

- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón, estará especializado en este trabajo.
- La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.
- La manguera terminal del vertido, será gobernada por dos operarios, para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma.

- Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tabloncillo seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernen el vertido con la manguera.
- El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por "tapones" y "sobrepresiones" internas. Es imprescindible evitar "atoramientos" o "tapones" internos de hormigón; procurar evitar los codos de radio reducido. Después de concluido el bombeo, se lavará y limpiará el interior de las tuberías de impulsión de hormigón.
- Antes de iniciar el bombeo de hormigón, se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) enviando masas de mortero de dosificación, en evitación de "atoramiento" o "tapones".
- Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la "redcilla" de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina. Se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.
- Los operarios amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.

### **5.3. Demolición**

Deshacer, total o parcialmente, una obra de forma manual o mecánica, con aprovechamiento o no de materiales.

#### Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a l distinto nivel.
- Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos y aplastamientos .
- Atropellos y colisiones.
- Lesiones y/o cortes en manos.
- Lesiones y/o cortes e n pies.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Contactos eléctricos directos.
- Traumas sonoros.
- Generación de polvo.

- Lesiones osteoarticulares por exposición a vibraciones.
- Lesiones por caída de escombros de un nivel superior.
- Aplastamientos por caídas de paredes o muros.

#### Principales causas de los riesgos

- Carencia de personal con formación e información específica.
- Falta de criterios de organización y empleo adecuado de medios auxiliares.
- Escasa asignación económica para estos trabajos.
- Generalmente se pretende hacer los trabajos en el menor tiempo posible. Medidas preventivas de seguridad
- Estos trabajos deberán realizarse previo Proyecto específico, con su correspondiente Estudio de seguridad y Plan respectivo, cuyas medidas se cumplirán estrictamente.
- Completo conocimiento de lo que se va a demoler: tipología, entorno, instalaciones, etc.
- Los derribos se efectuarán prácticamente a la inversa de la construcción.
- Adecuada organización y coordinación de los trabajos.
- Adecuada elección de los medios auxiliares que se van a emplear.
- Estricto control de las protecciones colectivas y empleo de protecciones individuales cuando las colectivas no sean suficientes.
- Se dispondrán cables fiadores, debidamente amarrados, para cinturones de seguridad.
- No se verterán los escombros libremente, se dispondrán medios auxiliares para ello y se delimitarán las zonas de descombrado.
- Se restringirá el acceso a la obra, solo al personal que deba trabajar en ella. Nunca trabajará un operario solo.
- Los materiales deben ser retirados inmediatamente y no dejarlos abandonados, convirtiendo las zonas de trabajo en vertederos.
- Es importante que se mantenga una buena visibilidad permanentemente, controlando la difusión de polvaredas, por ejemplo a base de evitar la caída libre de los materiales demolidos, o mojándolos previamente.
- Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo
- Se usarán Equipos de Protección Individual (EPI's) adecuados para cada momento y cada trabajo.

#### Protecciones personales

- Cinturones de seguridad homologados empleándose en el caso de que los medios de protección colectivos no sean suficientes, anclados a elementos resistentes.



- Calzado de seguridad con plantilla y puntera reforzadas.
- Casco de seguridad homologado.
- Guantes, gafas y mascarillas.

## **5.4. Señalización y balizamiento**

### Medios a emplear

- Compresores
- Martillo neumático
- Máquina de pintura

### Medios auxiliares:

- Útiles y herramientas

### Riesgos más frecuentes

- Golpes con objetos o herramientas.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Salpicadura de pintura en ojos en operaciones de vertido.
- Atropellos, colisiones y alcances con vehículos.

### Normas básicas de seguridad

- El almacenaje de materiales, pinturas, se efectuarán en lugares específicos, los cuales reunirán las condiciones adecuadas, con especial incidencia en lo referente a ventilación y protección contra incendios.
- Se advertirá al personal de la posible toxicidad y riesgo de incendio de algunos productos, así como de las condiciones de su utilización y los medios orientados a su prevención.
- Las etiquetas de todos los envases de pintura tendrán claras y nunca borradas o tapadas las características del producto.
- A tal efecto se prohibirá el cambio de envase de los productos, de forma que no sea posible el desconocimiento de su contenido y características.
- Nunca se depositarán recipientes con pintura próximos a focos de calor.
- Las zonas de trabajo estarán delimitadas ordenadas y limpias.
- La señalización colocada en las máquinas estará limpia y será perfectamente legible.
- El manejo de las máquinas y vehículos quedará limitado al personal encargado al respecto.

- Antes de poner en marcha las máquinas y los vehículos, se comprobará la ausencia de personas alrededor de la misma.
- Toda la maquinaria y vehículos utilizados en obra dispondrá de la señalización luminosa y acústica reglamentaria.

#### Protecciones colectivas

- Se delimitará el radio de acción de las máquinas, con objeto de que ningún trabajador pueda acceder a los órganos móviles de las mismas.
- Se señalizará adecuadamente la obra, con la señalización de seguridad precisa.

#### Protecciones individuales

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997.

- Casco de seguridad para protección de la cabeza, en caso de que exista riesgo de caída de objetos.
- Calzado de seguridad con plantilla y puntera de acero.
- Guantes anticorte y antiabrasión .
- Guantes para el manejo de herramientas y útiles.
- Mono de trabajo y en su caso traje de agua.
- Mascarillas con filtro recambiable.
- Chaleco, brazalete, polainas, manguitos y cinturón reflectantes

## **5.5. Oficios, unidades especiales y montajes**

### **5.5.1. Saneamiento**

#### Riesgos más frecuentes.

- Caída de personas a distinto nivel.
- Desplome y vuelco de los paramentos del pozo.
- Sobreesfuerzos por posturas obligadas.
- Desplome de los taludes.
- Los derivados de trabajos realizados en ambientes húmedos, encharcados y cerrados.
- Electrocutión.
- Intoxicación por gases.
- Explosión por gases o líquidos.
- Dermatitis por contactos con el cemento.

- Infecciones (trabajos en la proximidad en el interior o próximos a alcantarillas en servicio).

Medidas preventivas:

- Los tubos para las conducciones se acopiarán en una superficie lo más horizontal posible sobre durmientes de madera, delimitado por varios pies derechos que impidan que los conductos se deslicen o rueden.
- Siempre que exista peligro de derrumbamiento se procederá a adoptar las medidas necesarias para evitarlo.
- La excavación del pozo se ejecutará con el método adecuado para evitar derrumbamientos sobre las personas.
- La excavación en mina se ejecutará protegida mediante un escudo sólido de bóveda.
- Se prohíbe la permanencia en solitario en el interior de pozos o galerías.
- Se tenderá a lo largo del recorrido una soga a la que asirse para avanzar en casos de emergencia.
- El ascenso o descenso a los pozos se realizará mediante escaleras firmemente ancladas a los extremos superior e inferior.
- Los trabajadores permanecerán unidos al exterior mediante una soga anclada al cinturón de seguridad, tal que permita bien la extracción del operario tirando, o en su defecto, su localización en caso de rescate.
- La detección de gases se efectuará mediante equipos adecuados.
- En caso de detección de gases se ordenará el desalojo de inmediato, en prevención de estados de intoxicación (o explosión).
- En caso de detección de gases nocivos, el ingreso y permanencia se efectuará protegido mediante equipo de respiración autónomo.
- Los pozos y galerías tendrán iluminación suficiente para poder caminar por el interior. La energía eléctrica se suministrará a 24 V. y todos los equipos serán blindados.
- Se prohíbe fumar en el interior de los pozos y galerías.
- Al primer síntoma de mareo en el interior de un pozo o galería, se comunicará a los compañeros y se saldrá al exterior, poniendo el hecho en conocimiento.
- Se prohíbe el acceso al interior del pozo a toda persona ajena al proceso constructivo.
- Los ganchos de cuelgue del torno estarán provistos de pestillos de seguridad, en prevención de accidentes por caída de carga.
- Alrededor de la boca del pozo y del torno, se instalará una superficie firme de seguridad a base de un entablado efectuado con tablón trabado entre sí.

- El torno estará provisto de cremallera de sujeción contra el desenroscado involuntario de la soga de recogida, en prevención de accidentes.
- Se prohíbe almacenar o acopiar materiales sobre la traza exterior de una galería en fase de excavación, para evitar hundimientos por sobrecarga.
- Se prohíbe acopiar material en torno a un pozo a una distancia inferior a los 2 m. (como norma general).

Protección individual:

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma (o de P.V.C.).
- Botas de seguridad.
- Botas de goma (o de P.V.C.).
- Equipo de iluminación autónoma.
- Equipo de respiración autónoma (o semiautónoma).
- Cinturón de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.

**5.5.2. Albañilería**

Riesgos más frecuentes:

- Caída de personas al mismo y distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Dermatitis por contactos con el cemento.
- Partículas en los ojos.
- Cortes por utilización de máquinas-herramienta.
- Los derivados de la realización de trabajos en ambientes pulverulentos (corte cerámico, por ejemplo).
- Sobreesfuerzos.
- Electrocución.
- Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.
- Los derivados del uso de medios auxiliares.

Medidas preventivas:

- Los huecos existentes en el suelo permanecerán protegidos, para la prevención de caídas.

- Los huecos permanecerán constantemente protegidos con las protecciones instaladas, reponiéndose las protecciones deterioradas.
- Se peldañearán las rampas de forma provisional.
- Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por barandillas.
- Se colocarán cables de seguridad amarrados entre los pilares ( u otro sólido elemento estructural) en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad durante las operaciones de replanteo e instalación de miras, entre otras.
- Se instalará en las zonas con peligro de caída desde altura, señales de "peligro de caída desde altura" y de "obligatorio utilizar el cinturón de seguridad".
- Todas las zonas en las que haya que trabajar, estarán suficientemente iluminadas. De utilizarse portátiles estarán alimentadas a 24 voltios, en prevención del riesgo eléctrico.
- Las zonas de trabajo serán limpiadas de escombros diariamente.
- A las zonas de trabajo se accederá siempre de forma segura. Se prohíbe los "puentes de un tablón".
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío. Se instalarán plataformas de carga y descarga de materiales.
- El material cerámico se izará a las plantas sin romper los flejes con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- El ladrillo suelto se izará apilado ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.
- Los escombros y cascotes se evacuarán mediante trompas de vertido montadas al efecto y no directamente.
- Se evitará trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 h. Si hubiera vientos fuertes podrían derrumbarse sobre el personal.
- Se prohíbe el uso de BORRIQUETAS en balcones, terrazas y bordes de forjados si antes no se ha procedido a instalar una protección sólida contra posibles caídas al vacío (red vertical).

Protección individual:

- Casco de seguridad.
- Guantes de P.V.C. o de goma.

- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad clase C.
- Botas de goma con puntera reforzada.

### **5.5.3. Enfoscados y enlucidos**

#### Riesgos más frecuentes

- Cortes y golpes.
- Caídas al vacío y al mismo nivel.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Contactos con la energía eléctrica.

#### Medidas preventivas

- La iluminación mediante portátiles, se hará con "portalámparas estancos con mango aislante" y "rejilla" de protección de la bombilla. La energía eléctrica los alimentará a 24 V.
- Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho-hembra.

#### Protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de P.V.C. o goma.
- Botas de seguridad.
- Gafas de protección contra gotas de morteros y asimilables.
- Ropa de trabajo.
- Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- El transporte de sacos y planchas de escayola se realizará preferiblemente sobre carretilla de mano, para evitar sobreesfuerzos.
- Los acopios de sacos o planchas de escayola, se dispondrán de forma que no obstaculicen los lugares de paso, para evitar los accidentes por tropiezo.

#### **- Protección individual**

- Casco de seguridad, (obligatorio para los desplazamientos por la obra).
- Guantes de P.V.C. o goma.
- Guantes de cuero.
- Botas de goma con puntera reforzada.
- Gafas de protección, (contra gotas de escayola).



## **5.6. Instalaciones**

### **5.6.1. Eléctrica**

#### Riesgos más frecuentes

- Caídas de personas al mismo y distinto nivel.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Sobreesfuerzos por posturas forzadas.

#### Riesgos detectables durante las pruebas de conexión y puesta en servicio de la instalación más comunes

- Electrocutación o quemaduras.
- Explosión de los grupos de transformación durante la entrada en servicio.
- Incendio por incorrecta instalación de la red eléctrica.

#### Medidas preventivas

- El almacén para acopio de material eléctrico se ubicará en el lugar señalado.
- En la fase de obra de apertura y cierre de rozas se esmerará el orden y la limpieza de la obra, para evitar los riesgos de pisadas o tropezones.
- El montaje de aparatos eléctricos (magnetotérmicos, disyuntores, etc.) será ejecutado siempre por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando "portalámparas estancos con mango aislante" y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.
- Se prohíbe el conexión de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano a utilizar, serán del tipo de "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.
- La herramienta a utilizar por los electricistas instaladores, estará protegida con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica.
- Para evitar la conexión accidental a la red, de la instalación eléctrica del edificio, el último cableado que se ejecutará será el que va del cuadro general al de la "compañía suministradora", guardando en lugar seguro los mecanismos necesarios para la conexión, que serán los últimos en instalarse.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.

#### Protección individual

- Casco de seguridad, para utilizar durante los desplazamientos por la obra.

- Botas aislantes de la electricidad (conexiones).
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Cinturón de seguridad clase C.
- Banqueta de maniobra.
- Alfombra aislante.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

### **5.6.2. Abastecimientos**

#### Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Cortes en las manos por objetos y herramientas.
- Atrapamientos entre piezas pesadas.
- Explosión (del soplete, botellas de gases licuados, bombonas).
- Los inherentes a l uso de la soldadura autógena.
- Pisadas sobre objetos punzantes o materiales.
- Quemaduras.
- Sobreesfuerzos.

#### Medidas preventivas

- Se prohíbe utilizar los flejes de los paquetes como asideros de carga.
- Los bloques de aparatos sanitarios flejados sobre bateas, se descargarán flejados con la ayuda del gancho de la grúa.
- El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma, que e l extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación del golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados (o iluminados a contra luz).
- Se rodearán con barandillas de 90 cm. de altura los huecos de los forjados para paso de tubos que no puedan cubrirse después de concluido el aplomado, para evitar el riesgo de caída.
- Se mantendrán limpios de cascotes y recortes los lugares de trabajo. Se limpiarán conforme se avance, apilando el escombros para su vertido para evitar el riesgo de pisadas sobre objetos.
- Se prohíbe soldar con plomo en lugares cerrados. Siempre que se deba soldar con plomo se establecerá una corriente de aire de ventilación, para evitar el riesgo de respirar productos tóxicos.

- El local destinado a almacenar las bombonas (o botellas) de gases licuados, se ubicará en el lugar señalado; tendrá ventilación constante por "corriente de aire".
- Sobre la puerta del almacén de gases licuados se establecerá una señal normalizada de "peligro explosión" y otra de "prohibido fumar".
- Al lado de la puerta del almacén de gases licuados se instalará un extintor de polvo químico seco.
- La iluminación eléctrica mediante portátiles se efectuará mediante "mecanismos estancos de seguridad" con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla.
- Se prohíbe abandonar los mecheros y sopletes encendidos.
- Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.
- Las botellas o bombonas de gases licuados, se transportarán y permanecerán en los carros porta botellas.
- Se evitará soldar con las botellas o bombonas de gases licuados expuestos al sol.
- Se instalará un letrero de prevención en el almacén de gases licuados y en el taller de fontanería con la siguiente leyenda: "NO UTILICE ACETILENO PARA SOLDAR COBRE O ELEMENTOS QUE LO CONTENGAN, SE PRODUCE "ACETILURO DE COBRE" QUE ES EXPLOSIVO" los (petos o barandillas) definitivas.
- El transporte de material sanitario, se efectuará a hombro, apartando cuidadosamente los aparatos rotos, así como sus fragmentos para su transporte al vertedero.

#### Protección individual

- Casco de seguridad para desplazamientos por la obra.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Mandil de cuero.
- Guantes de goma o de P.V.C.

Además, en el tajo de soldadura utilizarán:

- Gafas de soldador.
- Yelmo de soldador.
- Pantalla de soldadura de mano.
- Mandil de cuero.
- Muñequeras de cuero que cubran los brazos.
- Manoplas de cuero.
- Polainas de cuero.

## **6. ANÁLISIS DE RIESGO CLASIFICADOS POR MEDIOS AUXILIARES**

### **6.1. Andamios sobre borriquetas**

#### Riesgos más frecuentes

- Caídas a distinto nivel.
- Los derivados del uso de tablones y madera de pequeña sección o en mal estado (roturas, fallos, cimbreos).
- Los inherentes al oficio.

#### Medidas preventivas

- Se montarán perfectamente niveladas, para evitar los riesgos por trabajar sobre superficies inclinadas. deformaciones y roturas, para eliminar los riesgos por fallo, rotura espontánea y cimbreo.
- Las plataformas de trabajo se anclarán perfectamente a las BORRIQUETAS, en evitación de balanceos y otros movimientos indeseables.
- Las plataformas de trabajo no sobresaldrán por los laterales de las BORRIQUETAS más de 40 cm. para evitar el riesgo de vuelcos por bascula miento.
- Las BORRIQUETAS no estarán separadas "a ejes" entre sí más de 2,5 m. para evitar las grandes flechas, ya que aumentan los riesgos al cimbrear.
- Los andamios se formarán sobre un mínimo de dos BORRIQUETAS . Se prohíbe expresamente, la sustitución de éstas, (o alguna de ellas), por "bidones", "pilas de materiales" y asimilables, para evitar situaciones inestables.
- Sobre los andamios sobre BORRIQUETAS , solo se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo para evitar las sobrecargas que mermen la resistencia de los tablones.
- Las BORRIQUETAS metálicas de sistema de apertura de cierre o tijera, estarán dotadas de cadenillas limitadoras de la apertura máxima, tales que garanticen su perfecta estabilidad.
- Las plataformas de trabajo sobre BORRIQUETAS, tendrán una anchura mínima de 60 cm, (3 tablones trabados entre sí), y el grosor del tablón será como mínimo de 7cm.
- Los andamios sobre BORRIQUETAS, cuya plataforma de trabajo esté ubicada a 2 o más metros de altura, estarán recercados de barandillas sólidas de 90 cm. de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié.

- Las BORRIQUETAS metálicas para sustentar plataformas de trabajo ubicadas a 2 o más metros de altura, se arriostrarán entre sí, mediante "cruces de San Andrés", para evitar los movimientos oscilatorios, que hagan el conjunto inseguro.
- Los trabajos en andamios sobre BORRIQUETAS en los balcones (bordes de forjados, cubiertas y asimilables), tendrán que ser protegidos del riesgo de caída desde altura por alguno de estos sistemas:
  - a) Cuelgue de "puntos fuertes" de seguridad de la estructura, cables en los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad.
  - b) Cuelgue desde los puntos preparados para ello en el borde de los forjados, de redes tensas de seguridad.
  - c) Montaje de "pies derechos" firmemente acunados al suelo y al techo, en los que instalar una barandilla sólida de 90 cm. de altura, medidos desde la plataforma de trabajo, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
- Se prohíbe formar andamios sobre BORRIQUETAS metálicas simples cuyas plataformas de trabajo deban ubicarse a 6 o más metros de altura.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas sustentadas en BORRIQUETAS apoyadas a su vez sobre otro andamio de BORRIQUETAS.
- La iluminación eléctrica mediante portátiles a utilizar en trabajos sobre andamios de BORRIQUETAS, estará montada a base de manguera antihumedad con portalámparas estancos de seguridad con mango aislante y rejilla protectora de la bombilla, conectados a los cuadros de distribución.
- Se prohíbe apoyar BORRIQUETAS aprisionando cables (o mangueras) eléctricas para evitar el riesgo de contactos eléctricos por cizalladura (o repelón del cable o manguera).
- La madera a emplear será sana, sin defectos ni nudos a la vista, para evitar los riesgos por rotura de los tablones que forman una superficie de trabajo.

## **6.2. Andamios metálicos tubulares**

### Riesgos más frecuentes

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al trabajo específico que deba desempeñar sobre ellos. Medidas preventivas

- Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares se tendrán presentes las siguientes especificaciones preventivas:

- \* No se iniciará un nuevo nivel sin antes haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad (crucetas de San Andrés, y arriostramientos).
- \* La seguridad alcanzada en el nivel de partida ya consolidada, será tal, que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar a él el fiador del cinturón de seguridad.
- \* Las barras, módulos tubulares y tablones, se izarán mediante eslingas normalizadas.
- \* Las plataformas de trabajo se consolidarán inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos.
- \* Los tornillos de las mordazas, se apretarán por igual, realizándose una inspección del tramo ejecutado antes de iniciar el siguiente en prevención de los riesgos por la existencia de tornillos flojos, o de falta de alguno de ellos.
- \* Las uniones entre tubos se efectuarán mediante los "nudos" o "bases" metálicas, o bien mediante las mordazas y pasadores previstos, según los modelos comercializados.
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura.
- Las plataformas de trabajo se limitarán por un rodapié de 15 cm.
- Las plataformas de trabajo tendrán montada sobre la vertical del rodapié posterior una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
- Las plataformas de trabajo, se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.
- Los módulos de base de los andamios tubulares, se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas en las zonas de apoyo directo sobre el terreno.
- Los módulos base de andamios tubulares, se arriostrarán mediante travesaños tubulares a nivel, por encima del 1,90 m., y con los travesaños diagonales, con el fin de hacer rígido el conjunto y garantizar su seguridad.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas (elemento auxiliar del propio andamio).
- Se prohíbe el apoyo de los andamios tubulares sobre suplementos formados por bidones, pilas de materiales diversos, "torretas de maderas diversas" y asimilables.
- Las plataformas de apoyo de los tornillos sin fin (husillos de nivelación), de base de los andamios tubulares dispuestos sobre tablones de reparto, se clavarán a éstos con clavos de acero, hincados a fondo y sin doblar.



- Se prohíbe trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares, si antes no se han cercado con barandillas sólidas de 90 cm. de altura formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapié.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral, se montarán con ésta hacia la cara exterior, es decir, hacia la cara en la que no se trabaja.
- Se prohíbe en esta obra el uso de andamios sobre BORRIQUETAS (pequeñas BORRIQUETAS), apoyadas sobre las plataformas de trabajo de los andamios tubulares.
- Los andamios tubulares se montarán a una distancia igual o inferior a 30 cm. Del paramento vertical en el que se trabaja.
- Los andamios tubulares se arriostrarán a los paramentos verticales.
- Se prohíbe hacer " pastas" directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre las plataformas de trabajo en prevención de accidentes por sobrecargas innecesarias.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre un tablón ubicado a media altura en la parte posterior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas ubicadas en cotas por debajo de otras plataformas en las que se está trabajando, en prevención de accidentes por caídas de objetos.
- Se prohíbe trabajar sobre los andamios tubulares bajo régimen de vientos fuertes en prevención de caídas.

### **6.3. Escaleras de mano**

#### Riesgos más frecuentes

- Caídas a distinto nivel.
- Deslizamiento por incorrecto apoyo (falta de zapatas, etc).
- Vuelco lateral por apoyo irregular.
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos (empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras "cortas" para la altura a salvar, etc.).

#### Medidas preventivas

- a) de aplicación al uso de escaleras de madera

- Las escaleras de madera tendrán los largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños (travesaños) de madera estarán ensamblados.
- Las escaleras de madera estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.
- Las escaleras de madera se guardarán a cubierto; a ser posible se utilizarán preferentemente para usos internos de la obra.

b) de aplicación a l uso de escaleras metálicas

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Las escaleras metálicas estarán pintadas con pinturas antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie.
- Las escaleras metálicas no estarán suplementadas con uniones soldadas.
- El empalme de escaleras metálicas se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales fabricados para tal fin.

c) de aplicación a l uso de escaleras de tijera

- Las escaleras de tijera estarán dotadas en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura.
- Las escaleras de tijera estarán dotadas hacia la mitad de su altura, de cadenilla (o cable de acero) de limitación de apertura máxima.
- Las escaleras de tijera en posición de uso, estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.
- Las escaleras de tijera nunca se utilizarán a modo de BORRIQUETAS para sustentar las plataformas de trabajo.
- Las escaleras de tijera se utilizarán montadas siempre sobre pavimentos horizontales (o sobre superficies provisionales horizontales).

d) para el uso de escaleras de mano, independientemente de los materiales que las constituyen

- Se prohíbe la utilización de escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5m.
- Las escaleras de mano estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad.
- Las escaleras de mano estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.
- Las escaleras de mano sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar. Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco, al extremo superior del larguero.

- Se prohíbe transportar pesos a mano (o a hombro), iguales o superiores a 25 Kg. sobre las escaleras de mano.
  - Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano sobre lugares u objetos poco firmes que pueden mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
  - El acceso de operarios, a través de las escaleras de mano, se realizará de uno en uno.
- Se prohíbe la utilización al unísono de la escalera a dos o más operarios.
- El ascenso y descenso a través de las escaleras de mano, se efectuará frontalmente; es decir, mirando directamente hacia los peldaños utilizados

## **7. ANÁLISIS DE RIESGOS CLASIFICADOS POR MAQUINARIA**

### **7.1. Maquinaria de movimiento de tierras en general**

#### Riesgos más frecuentes

- Vuelco.
- Atropello.
- Atrapamiento.
- Los derivados de operaciones de mantenimiento (quemaduras, atrapamientos, etc.).
- Proyecciones.
- Desplomes de tierras a cotas inferiores.
- Vibraciones.
- Ruido.
- Polvo ambiental.
- Desplomes de taludes sobre la máquina.
- Caídas al subir o bajar de la máquina.
- Pisadas en mala posición (sobre cadenas o ruedas).

#### Medidas preventivas

- Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.
- Las máquinas para el movimiento de tierras serán inspeccionadas diariamente controlando el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, bocina retroceso, transmisiones, cadenas y neumáticos.

- Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.
- Se prohíbe trabajar con maquinaria para el movimiento de tierras en la proximidad de la línea eléctrica.
- Si se produjese un contacto con líneas eléctricas con la maquinaria con tren de rodadura de neumáticos, el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. Antes de realizar ninguna acción se inspeccionará el tren de neumáticos con el fin de detectar la posibilidad de puente eléctrico con el terreno; de ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.
- Las máquinas en contacto accidental con líneas eléctricas serán acordonadas a una distancia de 5 m., avisándose a la compañía propietaria de la línea para que efectúe los cortes de suministro y puestas a tierra necesarias para poder cambiar sin riesgos, la posición de la máquina.
- Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto, para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.
- Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.
- Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.
- Se prohíben las labores de mantenimiento o reparación de maquinaria con el motor en marcha, en prevención de riesgos innecesarios.
- Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.
- Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.
- Se prohíbe la realización de replanteos o de mediciones en las zonas donde están operando las máquinas para el movimiento de tierras. Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso parar la maquinaria, o alejarla a otros tajos.
- Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).
- Se delimitará la cuneta de los caminos que transcurran próximos a los cortes de la excavación a un mínimo de 2 m. de distancia de esta (como norma general), para evitar la caída de la maquinaria por sobrecarga del borde de los taludes (o cortes).

- La presión de los neumáticos de los tractores será revisada, y corregida en su caso diariamente.

## **7.2. Maquinaria de elevación**

### **Grúa autopropulsada**

#### Riesgos más frecuentes

- Vuelco de la grúa autopropulsada.
- Atrapamientos.
- Caídas a distinto nivel.
- Atropello de personas.
- Golpes por la carga.
- Caídas al subir o bajar de la cabina.

#### Medidas preventivas de aplicación en el recinto interno de la obra

- La grúa autopropulsada tendrá al día el libro de mantenimiento, en prevención de los riesgos por fallo mecánico.
- El gancho (o el doble gancho), de la grúa autopropulsada estará dotado de pestillo (o pestillos), de seguridad, en prevención del riesgo de desprendimiento de la carga.
- Se comprobará el correcto apoyo de los gatos estabilizadores antes de entrar en servicio la grúa autopropulsada.
- Se dispondrá en obra de una partida de tablonos de 9 cm. de espesor (o placas de palastro), para ser utilizada como plataformas de reparto de cargas de los gatos estabilizadores en el caso de tener que apoyar sobre terrenos blandos.
- Las maniobras de carga (o de descarga), estarán siempre guiadas por un especialista, en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.
- Se prohíbe expresamente, sobrepasar la carga máxima admitida por el fabricante de la grúa autopropulsada, en función de la longitud en servicio del brazo.
- El gruista tendrá la carga suspendida siempre a la vista. Si esto no fuere posible, las maniobras estarán expresamente dirigidas por un señalista.
- Se prohíbe utilizar la grúa autopropulsada para arrastrar las cargas, por ser una maniobra insegura.
- Se prohíbe permanecer o realizar trabajos dentro del radio de acción de cargas suspendidas, en prevención de accidentes.

#### Normas de seguridad para operadores de camión grúa.

- Mantenga la máquina alejada de terrenos inseguros, propensos a hundimientos. Puede volcar la máquina y sufrir lesiones.

- Evite pasar el brazo de la grúa, con carga o sin ella sobre el personal, puede producir accidentes
- No dé marcha atrás sin ayuda de un señalista. Tras la máquina puede haber operarios y objetos que usted desconoce al iniciar la maniobra.
- Suba y baje de la cabina y plataformas por los lugares previstos para ello.
- No salte nunca directamente al suelo desde la máquina si no es por un inminente riesgo para su integridad física.
- Si entra en contacto con una línea eléctrica, pida auxilio con la bocina y espere recibir instrucciones. No intente abandonar la cabina aunque el contacto eléctrico haya cesado, podría sufrir lesiones. Sobre todo, no permita que nadie la toque, la grúa autopropulsada, puede estar cargada de electricidad.
- No haga por sí mismo maniobras en espacios angostos. Pida la ayuda de un señalista y evitará accidentes.
- Antes de cruzar un "puente provisional de obra", cerciórese de que tiene la resistencia necesaria para soportar el peso de la máquina.
- Asegure la inmovilidad del brazo de la grúa antes de iniciar ningún desplazamiento. Póngalo en la posición de viaje y evitará accidentes por movimientos descontrolados.
- No permita que nadie se encarama sobre la carga, ni admita que alguien se cuelgue del gancho. Es muy peligroso.
- Limpie sus zapatos del barro o de la grava que pudieran tener antes de subir a la cabina. Si se resbalan los pedales durante una maniobra o marcha, puede provocar accidentes.
- No realice nunca arrastres de carga o tirones sesgados. La grúa puede volcar y, en el mejor de los casos, las presiones y esfuerzos realizados pueden dañar los sistemas hidráulicos del brazo.
- Mantenga a la vista la carga. Si debe mirar hacia otro lado, pare las maniobras.
- No intente sobrepasar la carga máxima autorizada para ser izada. Los sobreesfuerzos pueden dañar la grúa y sufrir accidentes.
- Levante una sola carga cada vez. La carga de varios objetos distintos puede resultar problemática y difícil de gobernar.
- Asegúrese de que la máquina está estabilizada antes de levantar cargas. Ponga en servicio los gatos estabilizadores totalmente extendidos, es la posición más segura.
- No abandone la máquina con una carga suspendida, no es seguro.
- No permita que haya operarios bajo cargas suspendidas. Pueden sufrir accidentes.
- Antes de izar una carga, compruebe en la tabla de la cabina la distancia de extensión máxima del brazo. No sobrepase el límite marcado en la tabla.



- Respete siempre las tablas, rótulos y señales adheridas a la máquina y haga que las respeten el resto del personal.
- Antes de poner en servicio la máquina, compruebe todos los dispositivos de frenado.
- No permita que el resto del personal acceda a la cabina o maneje los mandos. Pueden provocar accidentes.
- No consienta que se utilicen, aparejos, balancines, eslingas, o estribos defectuosos o dañados. No es seguro.
- Asegúrese de que todos los ganchos de los aparejos, balancines, eslingas o estribos posean el pestillo de seguridad que evite el desenganche fortuito. Evitará accidentes.
- Utilice siempre los equipos de protección que le indiquen en la obra.

### **7.3. Maquinaria herramientas**

#### **7.3.1. Hormigonera eléctrica**

##### Riesgos más frecuentes

- Atrapamientos (paletas, engranajes, etc.).
- Contactos con la energía eléctrica.
- Polvo ambiental.
- Ruido ambiental.

##### Medidas preventivas

- Las hormigoneras pasteras no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros (como norma general), del borde de (excavación, zanja, vaciado y asimilables), para evitar los riesgos de caída a otro nivel.
- No se ubicarán en el interior de zonas batidas por cargas suspendidas del gancho de la grúa, para prevenir los riesgos por derrames o caídas de la carga.
- Tendrán protegidos mediante una carcasa metálica los órganos de transmisión - correas, corona y engranajes-, para evitar los riesgos de atrapamiento.
- Estarán dotadas de freno de bascula miento del bombo, para evitar los sobreesfuerzos y los riesgos por movimientos descontrolados.
- La alimentación eléctrica se realizará a través del cuadro auxiliar, en combinación con la tierra y los disyuntores del cuadro general (o de distribución) eléctrico, para prevenir los riesgos de contacto con la energía eléctrica.
- Las carcasas y demás partes metálicas estarán conectadas a tierra.
- La botonera de mandos eléctricos será de accionamiento estanco, en prevención del riesgo eléctrico.

- Las operaciones de limpieza directa-manual, se efectuarán previa desconexión de la red eléctrica.
- Las operaciones de mantenimiento estarán realizadas por personal especializado para tal fin.
- El cambio de ubicación de la hormigonera pastera a gancho de grúa, se efectuará mediante la utilización de un balancín (o aparejo indeformable), que la suspenda de cuatro puntos seguros.

### **7.3.2. Mesa de sierra circular**

#### Riesgos más frecuentes

- Cortes.
- Golpes por objetos.
- Abrasiones.
- Atrapamientos.
- Emisión de partículas.
- Emisión de polvo.
- Ruido ambiental.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Los derivados de los lugares de ubicación.

#### Medidas preventivas

- Las sierras circulares, no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros, (como norma general) del borde de los forjados con la excepción de los que estén efectivamente protegidos.
- No se ubicarán en el interior de áreas de batido de cargas suspendidas del gancho de la grúa, para evitar los riesgos por derrame de carga.
- Estarán dotadas de los siguientes elementos de protección:
  - \*Carcasa de cubrición del disco.
  - \*Cuchillo divisor del corte.
  - \*Empujador de la pieza a cortar y guía.
  - \*Carcasa de protección de las transmisiones por poleas. Interruptor estanco.
  - \*Toma de tierra.
- El mantenimiento será realizado por personal especializado.
- La alimentación eléctrica se realizará mediante mangueras antihumedad, dotadas de clavijas estancas a través del cuadro eléctrico de distribución, para evitar los riesgos eléctricos.

- La toma de tierra de las mesas de sierra se realizará a través del cuadro eléctrico general (o de distribución) -en combinación con los disyuntores diferenciales
- Se prohíbe ubicar la sierra circular sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y eléctricos.
- Se limpiará de productos procedentes de los cortes, los alrededores de las mesas de sierra circular.

Normas de seguridad para el manejo de la sierra de disco

- Antes de poner la máquina en servicio compruebe que no está anulada la conexión a tierra, en caso afirmativo, avise al Encargado para que sea subsanado el defecto y no trabaje con la sierra, puede sufrir accidentes por causa de electricidad.
- Compruebe que el interruptor eléctrico es estanco, en caso de no serlo, avise al Encargado para que sea sustituido, evitará accidentes eléctricos.
- Utilice el empujador para manejar la madera; considere que de no hacerlo puede perder los dedos de sus manos. Desconfíe de su destreza. Esta máquina es peligrosa.
- No retire la protección del disco de corte.
- Si la máquina se detiene, retírese de ella y avise al Encargado para que sea reparada.
- No intente realizar ni ajustes ni reparaciones, puede sufrir accidentes.

Antes de iniciar el corte:

- Con la máquina desconectada de la energía eléctrica, gire el disco a mano. Haga que lo sustituyan si está fisurado, rajado o le falta algún diente. Si no lo hace, puede romperse durante el corte y usted o sus compañeros pueden resultar accidentados.
- Para evitar daños en los ojos, solicite se le provea de unas gafas de seguridad antiproyección de partículas y úselas siempre, cuando tenga que cortar.
- Extraiga previamente todos los clavos o partes metálicas hincadas en la madera que desee cortar. Puede fracturarse el disco o salir despedida la madera de forma descontrolada, provocando accidentes serios.

Normas de seguridad para el corte material cerámico.

- Observe que el disco para corte cerámico no está fisurado. De ser así, solicite al Encargado que se cambie por otro nuevo. Esta operación realícela con la máquina desconectada de la red eléctrica.
- Efectúe el corte a ser posible a la intemperie-o en un local muy ventilado-, y siempre protegido con una mascarilla de filtro mecánico.
- Efectúe el corte a sotavento. El viento alejará de usted las partículas perniciosas, pero procure no lanzarlas sobre sus compañeros, también pueden sufrir daños al respirarlas.

- Moje el material cerámico, empápelo de agua, antes de cortar, evitará gran cantidad de polvo.

### **7.3.3. Rozadora eléctrica**

#### Riesgos más frecuentes

- Contacto con la energía eléctrica.
- Erosiones en las manos.
- Cortes.
- Los derivados de la rotura del disco.
- Los derivados de los trabajos con polvo ambiental.
- Pisadas sobre materiales (torceduras, cortes).
- Los derivados del trabajo con producción de ruido.

#### Medidas preventivas

- Las rozadoras estarán protegidas mediante doble aislamiento eléctrico.
- Serán reparadas por personal especializado.
- Se prohíbe dejar en el suelo o dejar abandonada conectada a la red eléctrica. Es una posición insegura.
- El suministro eléctrico a la rozadora se efectuará mediante manguera antihumedad a partir del cuadro general (o de distribución), dotada con clavijas macho-hembra estancas.

#### Normas de seguridad para la utilización de la rozadora eléctrica

- Compruebe que el aparato no carece de alguna de las piezas constituyentes de su carcasa de protección. En caso afirmativo, entrégueselo al Encargado para que sea reparado. No lo utilice, evitará el accidente.
- Compruebe el estado del cable y de la clavija de conexión. Rechacelo si presenta repelones que dejen al descubierto hilos de cobre o si tiene empalmes rudimentarios cubiertos con cinta aislante, evitará lesiones.
- Elija siempre el disco adecuado para el material a rozar. Considere que hay un disco para cada menester; no los intercambie, en el mejor de los casos, los estropeará sin obtener buenos resultados y correrá riesgos innecesarios.
- No intente "rozar" en zonas poco accesibles ni en posición inclinada lateralmente; el disco puede fracturarse y producirle lesiones.
- No intente reparar las rozadoras, ni las desmonte. Debe repararlas un especialista.
- No golpee con el disco al mismo tiempo que corta, por ello no va a ir más deprisa. El disco puede romperse y causarle lesiones.

- Evite recalentar los discos, podría ser origen de accidentes.
- Sustituya inmediatamente los discos gastados o agrietados.
- Evite depositar la rozadora aún en movimiento directamente en el suelo, es una posición insegura.
- No desmonte nunca la protección normalizada de disco ni corte sin ella. Puede sufrir accidentes serios.
- Desconéctelo de la red eléctrica antes de iniciar las manipulaciones de cambio de disco.
- Moje la zona a cortar previamente, disminuirá la formación de polvo. Use siempre la mascarilla con filtro mecánico antipolvo, evitará lesiones pulmonares.

#### **7.3.4. Soldadura eléctrica**

##### Riesgos más frecuentes

- Caídas desde altura.
- Los derivados de las radiaciones del arco voltaico.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Quemaduras.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Proyección de partículas.
- Heridas en los ojos por cuerpos extraños (picado del cordón de soldadura).

##### Medidas preventivas

- Se suspenderán los trabajos de soldadura (montaje de estructuras) con vientos iguales o superiores a 60 Km/h.
- Se suspenderán los trabajos de soldadura a la intemperie bajo el régimen de lluvias, en prevención del riesgo eléctrico.
- Las escaleras de mano a utilizar durante el montaje de la estructura serán metálicas con ganchos en cabeza y en los largueros para inmovilización, en prevención de caídas por movimientos indeseables.
- El taller de soldadura (taller mecánico), tendrá ventilación directa y constante, en prevención de los riesgos por trabajar en el interior de atmósferas tóxicas.
- Los porta electrodos a utilizar, tendrán el soporte de manutención en material aislante de la electricidad.
- Se prohíbe expresamente la utilización de porta electrodos deteriorados, en prevención del riesgo eléctrico.

- Las operaciones de soldadura a realizar en (zonas húmedas o muy conductoras de la electricidad), no se realizarán con tensiones superiores a 50 voltios. El grupo de soldadura estará en el exterior del recinto en el que se efectúe la operación de soldar.
- Las operaciones de soldadura a realizar (en condiciones normales), no se realizarán con tensiones superiores a 150 voltios si los equipos están alimentados por corriente continua.

Normas de prevención para los soldadores

- Las radiaciones del arco voltaico son perniciosas para su salud. Protéjase con el yelmo de soldar o la pantalla de mano siempre que suelde.
- No mire directamente al arco voltaico. La intensidad luminosa puede producirle lesiones graves en los ojos.
- No pique el cordón de soldadura sin protección ocular. Las esquirlas de cascarilla desprendida, pueden producirle graves lesiones en los ojos.
- No toque las piezas recientemente soldadas; aunque le parezca lo contrario, pueden estar a temperaturas que podrían producirles quemaduras serias.
- Suelde siempre en un lugar ventilado, evitará intoxicaciones y asfixia.
- Antes de comenzar a soldar, compruebe que no hay personas en el entorno de la vertical de su puesto de trabajo. Les evitará quemaduras fortuitas.
- No deje la pinza directamente en el suelo o sobre la perfilería. Deposítela sobre un porta pinzas.
- Pida que le indiquen cual es el lugar más adecuado para tender el cableado del grupo, evitará tropiezos y caídas.
- No utilice el grupo sin que lleve instalado el protector de clemas. Evitará el riesgo de electrocución.
- Compruebe que su grupo está correctamente conectado a tierra antes de iniciar la soldadura.
- No anule la toma de tierra de la carcasa de su grupo de soldar porque "salte" el disyuntor diferencial. Avise al Encargado para que se revise la avería. Aguarde a que le reparen el grupo o bien utilice otro.
- Desconecte totalmente el grupo de soldadura cada vez que haga una pausa de consideración (almuerzo o comida, o desplazamiento a otro lugar).
- Compruebe antes de conectarlas a su grupo, que las mangueras eléctricas están empalmadas mediante conexiones estancas de intemperie. Evite las conexiones directas protegidas a base de cinta aislante.



- No utilice mangueras eléctricas con la protección externa rota o deteriorada seriamente. Solicite se las cambien, evitará accidentes. Si debe empalmar las mangueras, proteja el empalme mediante "forrillos termorretráctiles".
- Escoja el electrodo adecuado para el cordón a ejecutar.
- Cerciórese de que estén bien aisladas las pinzas porta electrodos y los bornes de conexión.
- Utilice aquellas prendas de protección personal que se le recomienden, aunque le parezcan incómodas o poco prácticas.

### **7.3.5. Soldadura oxicorte**

#### Riesgos más frecuentes

- Caídas desde altura.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Quemaduras.
- Explosión (retroceso de llama).
- Incendio.
- Heridas en los ojos por cuerpos extraños.

#### Medidas preventivas

- El suministro y transporte interno de obra de las botellas (o bombonas) de gases licuados, se efectuará según las siguientes condiciones:
  1. Estarán las válvulas de corte protegidas por la correspondiente caperuza protectora.
  2. No se mezclarán botellas de gases distintos.
  3. Se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atada, para evitar vuelcos durante el transporte.
  4. Los puntos 1, 2, y 3 se cumplirán tanto para bombonas o botellas llenas como para bombonas vacías.
- El traslado y ubicación para uso de las botellas de gases licuados se efectuará mediante carros porta botellas de seguridad.
- Se prohíbe acopiar o mantener las botellas de gases licuados al sol.
- Se prohíbe, la utilización de botellas de gases licuados en posición inclinada.
- Se prohíbe el abandono antes o después de su utilización de las botellas de gases licuados.
- Las botellas de gases licuados se acopiarán separados (oxígeno, acetileno, etc.), con distinción expresa de lugares de almacenamiento para las ya agotadas y las llenas.
- Los mecheros para soldadura mediante gases licuados, estarán dotados de válvulas

antirretroceso de la llama, en prevención del riesgo de explosión.

Normas de prevención para la soldadura oxiacetilénica - oxicorte

- Utilice siempre carros porta botellas, realizará el trabajo con mayor seguridad y comodidad.
- Evite que se golpeen las botellas o que puedan caer desde altura. Eliminará posibilidades de accidente.
- Por incómodas que puedan parecerle los equipos de protección individual están ideadas para conservar su salud. Utilice todas aquellas que el Encargado le recomiende.

Evitará lesiones.

- No incline las botellas de acetileno para agotarlas, es peligroso.
- No utilice las botellas de oxígeno tumbadas, es peligroso si caen y ruedan de forma descontrolada.
- Antes de encender el mechero, compruebe que está instaladas las válvulas antirretroceso, evitará posibles explosiones.
- Si desea comprobar que en las mangueras no hay fugas, sumérjalas bajo presión en un recipiente con agua; las burbujas le delatarán la fuga. Si es así, pida que le suministren mangueras nuevas sin fugas.
- No abandone el carro porta botellas en el tajo si debe ausentarse. Cierre el paso de gas y llévelo a un lugar seguro, evitará correr riesgos al resto de los trabajadores.
- Abra siempre el paso del gas mediante la llave propia de la botella. Si utiliza otro tipo de herramienta puede inutilizar la válvula de apertura o cierre, con lo que en caso de emergencia no podrá controlar la situación.
- No permita que haya fuegos en el entorno de las botellas de gases licuados. Evitará posibles explosiones.
- No deposite el mechero en el suelo. Solicite que le suministren un "portamecheros".
- Estudie o pida que le indiquen cual es la trayectoria más adecuada y segura para que usted tienda la manguera. Evitará accidentes; considere siempre que un compañero, pueda tropezar y caer por culpa de las mangueras.
- Una entre sí las mangueras de ambos gases mediante cinta adhesiva. Las manejará con mayor seguridad y comodidad.
- No utilice mangueras de igual color para gases diferentes. En caso de emergencia, la diferencia de coloración le ayudará a controlar la situación.
- No utilice acetileno para soldar o cortar materiales que contengan cobre; por poco que le parezca que contienen, será suficientes para que se produzca una reacción química y se forme un compuesto explosivo (acetiluro de cobre).

- Si debe desprender pinturas mediante el mechero, pida que le doten de mascarilla protectora y asegúrese de que le dan los filtros específicos químicos, para los compuestos de la pintura que va usted a quemar. No corra riesgos innecesarios.
- Si debe soldar sobre elementos pintados, o cortarlos, procure hacerlo al aire libre o en un local bien ventilado. No permita que los gases desprendidos puedan intoxicarle.
- Pidan que le suministren carretes donde recoger las mangueras una vez utilizadas; realizará el trabajo de forma más cómoda y ordenada y evitará accidentes.
- No fume cuando esté soldando o cortando, ni tampoco cuando manipule los mecheros y botellas. No fume en el almacén de las botellas. No lo dude, el que usted y los demás no fumen en las situaciones y lugares citados, evitará la posibilidad de graves accidentes.

### **7.3.6. Compresor**

#### Riesgos más frecuentes

- Ruido.
- Rotura de la manguera de presión.

#### Medidas preventivas

- El compresor (o compresores), se ubicará en los lugares señalados para ello en prevención de los riesgos por imprevisión o creación de atmósferas ruidosas.
- El transporte en suspensión, se efectuará mediante un eslingado a cuatro puntos del compresor, de tal forma, que quede garantizada la seguridad de la carga.
- El compresor a utilizar, quedará en estación con la lanza de arrastre en posición horizontal (entonces el aparato en su totalidad está nivelado sobre la horizontal), con las ruedas sujetas mediante tacos antideslizamientos. Si la lanza de arrastre carece de rueda o de pivote de nivelación, se le adaptará mediante un suplemento firme y seguro.
- Los compresores a utilizar, serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir la contaminación acústica.
- Las carcasas protectoras de los compresores a utilizar, estarán siempre instaladas en posición de cerradas, en prevención de posibles atrapamientos y ruido.
- Las operaciones de abastecimiento de combustible se efectuarán con el motor parado, en prevención de incendios o de explosión.
- Las mangueras a utilizar estarán siempre en perfectas condiciones de uso; es decir, sin grietas o desgastes para evitar un reventón.

- Los mecanismos de conexión o de empalme, estarán recibidos a las mangueras mediante racores de presión según cálculo.
- Las mangueras de presión se mantendrán elevadas o protegidas en los cruces de los caminos.

### **7.3.7. Martillo neumático**

#### Riesgos más frecuentes

- Vibraciones en extremidades y en órganos internos del cuerpo. - Polvo ambiental.
- Sobreesfuerzos.
- Rotura de manguera bajo presión.
- Proyección de objetos y/o partículas.
- Los derivados de la ubicación del puesto de trabajo:
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre otros lugares.

#### Medidas preventivas

- Se acordonará, la zona bajo los tajos de martillos, en prevención de daños a los trabajadores que pudieran entrar en la zona de riesgo de caída de objetos.
- Cada tajo con martillos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones.
- Se prohíbe el uso de martillos neumáticos al personal no autorizado en previsión de los riesgos por impericia.
- Se prohíbe el uso del martillo neumático en las excavaciones en presencia de líneas eléctricas enterradas a partir de ser encontrada la "banda" o "señalización de aviso".
- Se prohíbe dejar los martillos neumáticos abandonados hincados en los paramentos que rompen, en previsión de desplomes incontrolados.

#### Normas de seguridad para los operarios de martillos neumáticos.

- El trabajo que va a realizar puede desprender partículas que dañen su cuerpo por sus aristas cortantes y gran velocidad de proyección. Evite las posibles lesiones utilizando los siguientes equipos de protección individual:
  - \* Ropa de trabajo cerrada.
  - \* Gafas antiproyecciones.
- Igualmente, el trabajo que realiza comunica vibraciones a su organismo. Protéjase de posibles lesiones internas utilizando:
  - \* Faja elástica de protección de cintura, firmemente ajustada.
  - \* Muñequeras bien ajustadas.

\* La lesión que de esta forma puede usted evitar es, el doloroso lumbago, ("dolor de riñones"), y las distensiones musculares de los antebrazos, (muñecas abiertas).

- Para evitar las lesiones en los pies, utilice unas botas de seguridad.
- Considere que el polvillo que se desprende, en especial el más invisible, que sin duda lo hay aunque no lo perciba, puede dañar seriamente sus pulmones. Para evitarlo, utilice una mascarilla con filtro mecánico recambiable.
- No deje su martillo hincado en el suelo, pared o roca. Piense que al querer después extraerlo puede serle muy difícil.
- Antes de accionar el martillo, asegúrese de que está perfectamente amarrado el puntero.
- Si observa deteriorado o gastado, su puntero, pida que lo cambien, evitará accidentes.
- No abandone nunca el martillo conectado el circuito de presión. Evitará accidentes.
- No deje su martillo a compañeros inexpertos, considere que al utilizarlo, pueden lastimarse seriamente.
- Compruebe que las conexiones de la manguera están en correcto estado.
- Evite trabajar encaramado sobre muros, pilares y salientes. Pida que le monten plataformas de ayuda, evitará las caídas.

### **7.3.8. Dobladora mecánica de ferralla**

#### Riesgos más frecuentes

- Atrapamiento.
- Sobreesfuerzos.
- Cortes por el manejo y sustentación de redondos.
- Golpes por los redondos, ( rotura incontrolada).
- Contactos con la energía eléctrica.

#### Medidas preventivas

- La dobladora mecánica de ferralla se ubicará en el lugar expresamente señalado.
- Se efectuará un barrido periódico del entorno de la dobladora de ferralla en prevención de daños por pisadas sobre objetos cortantes o punzantes.
- Las dobladoras mecánicas de ferralla a instalar en serán revisadas semanalmente observando especialmente la buena respuesta de los mandos.
- Tendrán conectada a tierra todas sus partes metálicas, en prevención del riesgo eléctrico.

- La manguera de alimentación eléctrica se llevará enterrada para evitar los deterioros por roce y aplastamiento durante el manejo de la ferralla.
- A la dobladora mecánica de ferralla se adherirán las siguientes señales de seguridad:
  - \* "Peligro, energía eléctrica".
  - \* " Peligro de atrapamiento".
  - \* Rótulo: No toque el "plato y tetones" de aprieto, pueden atraparle las manos.
- Se acotará mediante señales de peligro sobre pies derechos la superficie de barrido de redondos durante las maniobras de doblado para evitar que se realicen tareas y acopios en el área sujeta al riesgo de golpes por las barras.
- La descarga por la dobladora y su ubicación "in situ", se realizará suspendiéndola de cuatro puntos, (los 4 ángulos), mediante eslingas; de tal forma, que se garantice su estabilidad durante el recorrido.

## **7.4. Herramientas manuales en general**

### Riesgos más frecuentes

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Proyección de fragmentos.
- Caída de objetos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Vibraciones.
- Ruido.

### Medidas preventivas

- Las máquinas-herramientas eléctricas a utilizar estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.
- Los motores eléctricos de las máquinas-herramienta estarán protegidos por la carcasa y resguardos propios de cada aparato, para evitar los riesgos de atrapamientos o de contacto con la energía eléctrica.
- Las transmisiones motrices por correas, estarán siempre protegidas mediante bastidor que soporte una malla metálica, dispuesta de tal forma, que permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.

- Se prohíbe realizar reparaciones o manipulaciones en la maquinaria accionada por transmisiones por correas en marcha. Las reparaciones, ajustes, etc., se realizarán a motor parado, para evitar accidentes.
- El montaje y ajuste de transmisiones por correas se realizará mediante "montacorreas" (o dispositivos similares), nunca con destornilladores, las manos, etcétera, para evitar el riesgo de atrapamiento.
- Las transmisiones mediante engranajes accionados mecánicamente, estarán protegidos mediante un bastidor soporte de un cerramiento a base de malla metálica, que permitiendo la observación del buen funcionamiento de la transmisión, impida el atrapamiento de personas u objetos.
- La instalación de letreros con leyendas de "máquina averiada", "máquina fuera de servicio", etc., serán instalados y retirados por la misma persona.
- Las máquinas-herramienta con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.
- Las máquinas-herramienta no protegidas eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcasas de protección de motores eléctricos, etc, conectadas a la red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.
- Las máquinas-herramienta a utilizar en lugares en los que existen productos inflamables o explosivos (disolventes inflamables, explosivos, combustibles y similares), estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes.
- En ambientes húmedos la alimentación para las máquinas-herramienta no protegidas con doble aislamiento, se realizará mediante conexión a transformadores a 24 V.
- En prevención de los riesgos por inhalación de polvo ambiental, las máquinas y herramientas con producción de polvo se utilizarán en vía húmeda, para eliminar la formación de atmósferas nocivas.
- Las herramientas accionadas mediante compresor, se utilizarán a una distancia mínima del mismo de 10 m., (como norma general), para evitar el riesgo por alto nivel acústico.
- Las herramientas accionadas mediante compresor estarán dotadas de camisas insonorizadas, para disminuir el nivel acústico.
- Se prohíbe la utilización de herramientas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o con ventilación insuficiente, para prevenir el riesgo por trabajar en el interior de atmósferas tóxicas.
- Se prohíbe el uso de máquinas-herramientas al personal no autorizado para evitar accidentes por impericia.



- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte (o taladro), abandonadas en el suelo, para evitar accidentes.
- Las conexiones eléctricas de todas las máquinas-herramienta a utilizar mediante clemas, estarán siempre protegidas con su correspondiente carcasa anti-contactos eléctricos.
- Siempre que sea posible, las mangueras de presión para accionamiento de máquinas y herramientas, se instalarán de forma aérea. Se señalizarán mediante cuerda de banderolas, los lugares de cruce aéreo de las vías de circulación interna, para prevenir los riesgos de tropiezo (o corte del circuito de presión).

#### Protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Gafas de seguridad anti polvo.
- Gafas de seguridad anti impactos.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla filtrante.
- Máscara antipolvo con filtro mecánico específico recambiable.

## **8. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Al ser el presente proyecto un proyecto básico, el Presupuesto de Ejecución Material del Plan de Seguridad y Salud se ha estimado en función del Presupuesto de Ejecución Material del PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS.

0,2 % Seguridad y Salud SOBRE el PEM	232.223.382	=	464.446,76€
---	-------------	---	-------------

(CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y SÉIS CON SETENTA Y SÉIS)

## **9. DOCUMENTOS DEL PRESENTE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

- DOCUMENTO NÚM. 1 MEMORIA
- DOCUMENTO NÚM. 2 PLANOS

## **10. FIRMAS**

Barcelona, Junio de 2014.

La redactora del Estudio de Seguridad y Salud  
y autora del proyecto,



Maria Griño Colom

# Estudio de Seguridad y Salud Planos

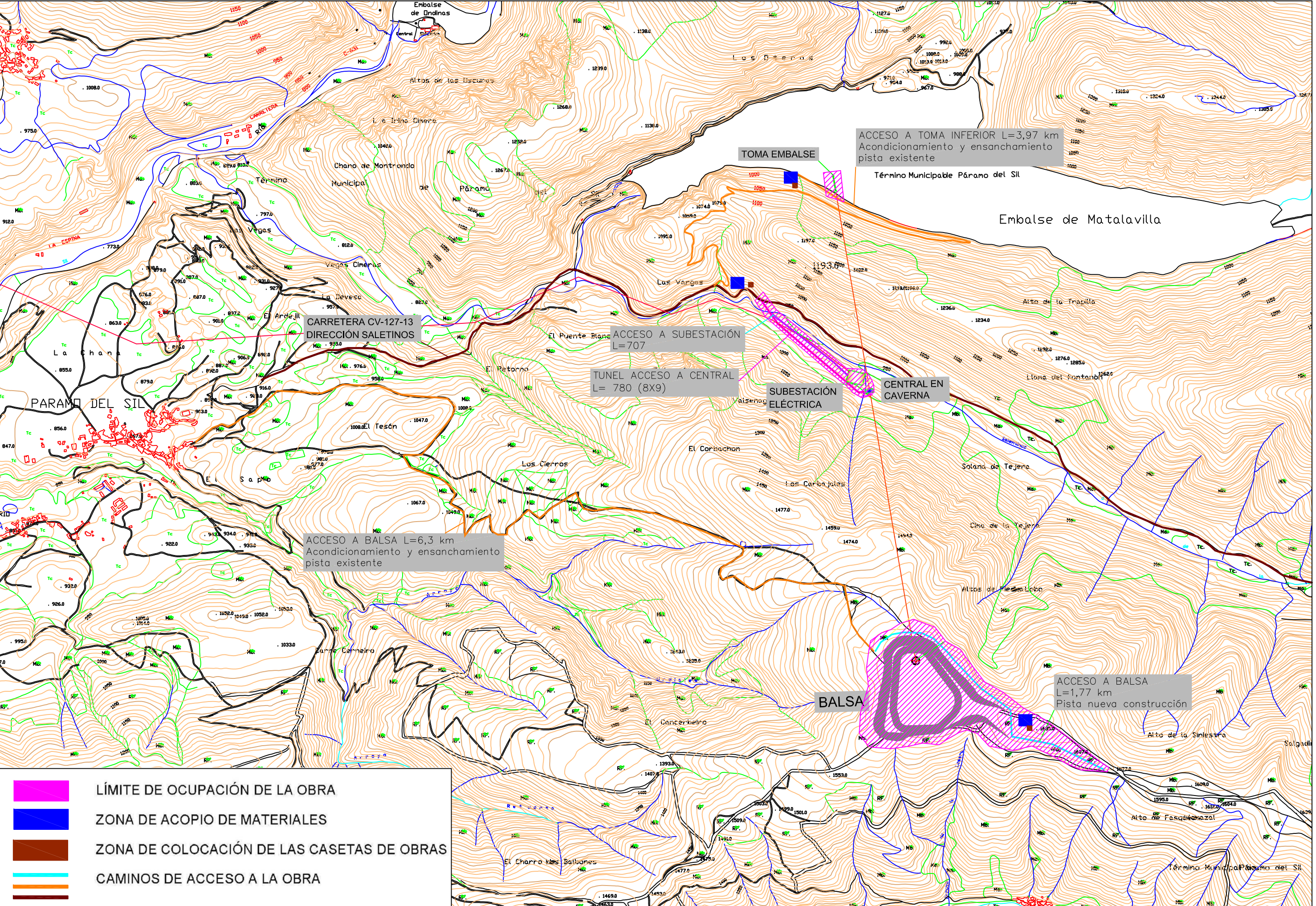
---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---





LÍMITE DE OCUPACIÓN DE LA OBRA

ZONA DE ACOPIO DE MATERIALES

ZONA DE COLOCACIÓN DE LAS CASETAS DE OBRAS

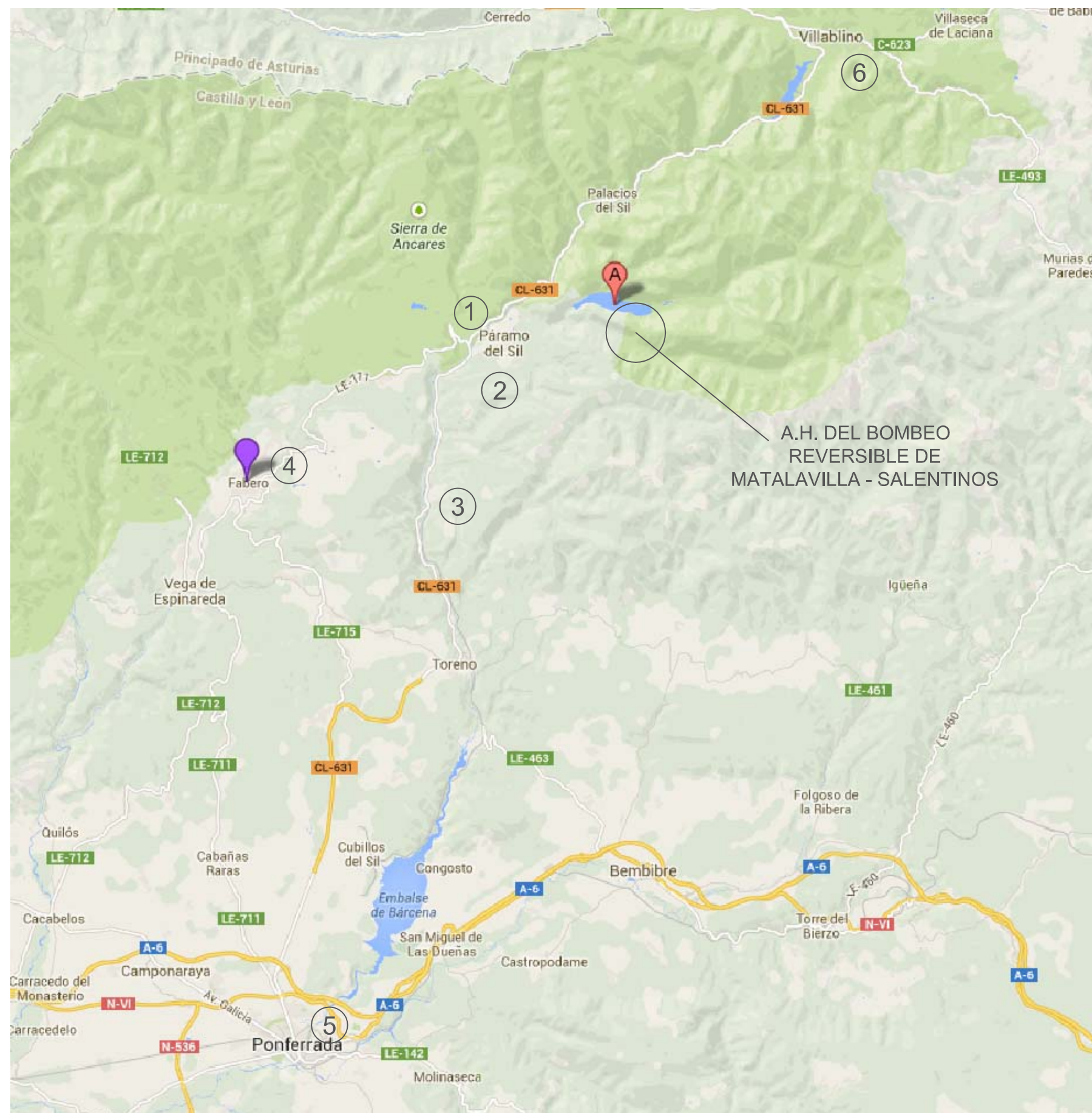
CAMINOS DE ACCESO A LA OBRA



24470 Páramo de Sil  
Telf: 987526178

c/ De la Vega, s/n  
24470 Páramo de Sil  
Telf: 987526145

Av. del Biezo, 6  
24460 Matarrosa del Sil  
Telf: 987525132




c/García Lorca, 7  
24420 Fabero  
Telf: 987550002

c/Chopera, s/n  
24404 Compostilla  
Telf: 987455380

c/ Vega del Palo, 7  
24100 Villalbino  
Telf: 987472222





# Anejo 14. Justificación de Precios

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---





# Alternativa A (Solución Adoptada)

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)

---



## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 1

### MANO DE OBRA

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	
A0112000	h	Cap de colla	20,20000	€
A0121000	h	Oficial 1a	19,07000	€
A0123000	h	Oficial 1a encofrador	14,96000	€
A0124000	h	Oficial 1a ferrallista	14,96000	€
A0125000	h	Oficial 1a soldador	23,69000	€
A012H000	h	Oficial 1a electricista	24,08000	€
A012M000	h	Oficial 1a muntador	15,45000	€
A012N000	h	Oficial 1a d'obra pública	14,96000	€
A0133000	h	Ajudant encofrador	13,99000	€
A0134000	h	Ajudant ferrallista	13,99000	€
A0135000	h	Ajudant soldador	20,76000	€
A013H000	h	Ajudant electricista	20,65000	€
A013M000	h	Ajudant muntador	13,99000	€
A013U001	h	Ajudant	16,93000	€
A0140000	h	Manobre	15,97000	€
A0150000	h	Manobre especialista	16,53000	€

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 2

### MAQUINARIA

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO
C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	86,18000 €
C13113B1	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t, amb escarificadora	86,18000 €
C1311440	h	Pala carregadora sobre pneumàtics de 15 a 20 t	86,18000 €
C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	145,06000 €
C1331200	h	Motoanivelladora mitjana	55,65000 €
C13350A0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 10 a 12 t	50,79000 €
C13350C0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 12 a 14 t	56,85000 €
C1501900	h	Camió per a transport de 20 t	46,80000 €
C1502D00	h	Camió cisterna de 6 m3	40,14000 €
C1502E00	h	Camió cisterna de 8 m3	33,14000 €
C1503U10	h	Camió grua de 5 t	33,92000 €
C1504R00	h	Camió cistella de 10 m d'alçària com a màxim	37,80000 €
C1507M00	h	Dúmpер extraval, de 32 t de càrrega útil	92,47000 €
C1700006	h	Vibrador intern de formigó	1,60000 €
C1701100	h	Camió amb bomba de formigonar	156,75000 €
C1701U10	h	Camió amb bomba de formigonar	83,15000 €
C1702D00	h	Camió cisterna per a reg asfàltic	22,43000 €
C1705600	h	Formigonera de 165 l	1,50000 €
C1709B00	h	Estenedora per a paviments de mescla bituminosa	44,98000 €
C1709G00	h	Estenedora de granulat	33,01000 €
C170D0A0	h	Corró vibratori per a formigons i betums autopropulsat pneumàtic	50,09000 €
C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	3,12000 €
C200U002	h	Màquina per a doblegar rodó d'acer	1,84000 €
C200U003	h	Cisalla elèctrica	1,98000 €
CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	8,39000 €
CZ11U001	h	Grup electrògen de 80/100 kVA, amb consums inclosos	5,62000 €
CZ12U00A	h	Compressor portàtil de 7/10 m3/min de cabal	14,55000 €

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 3

### MATERIALES

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	
B0111000	m3	Aigua	0,91000	€
B0311010	t	Sorra de pedrera de pedra calcària per a formigons	17,87000	€
B0331Q10	t	Grava de pedrera de pedra calcària, de grandària màxima 20 mm, per a formigons	16,81000	€
B0372000	m3	Tot-u artificial	17,50000	€
B0512401	t	Ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R segons UNE-EN 197-1, en sacs	83,80000	€
B0552460	kg	Emulsió bituminosa catiònica amb un 50% de betum asfàltic, per a reg d'imprimació tipus C50BF5 IMP(ECI) amb un contingut de fluidificant > 2%	0,43000	€
B060U440	m3	Formigó HA-25, consistència fluida i granulat màxim 20 mm, inclòs transport a l'obra	68,29000	€
B064500C	m3	Formigó HM-20/P/40/I de consistència plàstica, grandària màxima del granulat 40 mm, amb >= 200 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició I	55,93000	€
B065L93B	m3	Formigó HA-35/B/20/IIa+Qc de consistència tova, grandària màxima del granulat 20 mm, amb >= 350 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició IIa+Qc	86,16000	€
B06NLA1C	m3	Formigó de neteja, amb una dosificació de 150 kg/m3 de ciment, consistència plàstica i grandària màxima del granulat 10 mm, HL-150/P/10	57,33000	€
B0A14200	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,3 mm	0,80000	€
B0A142U0	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,6 mm	0,97000	€
B0A218SS	m2	Tela metàl·lica de simple torsió de filferro galvanitzat i plastificat de 50 mm de pas de malla i de D 2/3 mm	1,83000	€
B0A31000	kg	Clau acer	1,03000	€
B0B27000	kg	Acer en barres corrugades B 400 S de límit elàstic >= 400 N/mm2	0,59000	€
B0B2U002	kg	Acer corrugat B 500 S en barres	0,62000	€
B0D21030	m	Tauló de fusta de pi per a 10 usos	0,39000	€
B0D31000	m3	Llata de fusta de pi	204,76000	€
B0D81680	m2	Plafó metàl·lic de 50x250 cm per a 50 usos	1,24000	€
B0DB1720	m	Contrafort metàl·lic per a parament de mur, d'alçària 5 i 10 m i 200 usos	5,50000	€
B0DZA000	l	Desencofrant	1,80000	€
B0DZP600	u	Part proporcional d'elements auxiliars per a plafons metàl·lics, de 50x250 cm	0,50000	€
B44Z502A	kg	Acer S275JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,00000	€
B44Z7A2A	kg	Acer S275J2 segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,21000	€
B44Z8A2A	kg	Acer S355JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,34000	€
B6A16KZ3	u	Porta de dues fulles batents de 3x2 m de llum de pas d'acer galvanitzat en calent, amb bastidor de tub de 40x40x2 mm i malla simple torsió de 50/14/17 mm de pas i 2,2 mm de gruix, muntants de tub de 80x80x2 mm, passador amb topall antiobertura, pern regulable, pany de cop i clau i pom, acabat pintat	357,90000	€
B6AZ3234	u	Pal intermedi de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 50 mm i d'alçària 2,35 m	11,28000	€
B6AZA264	u	Pal per a extrems, tensors o punts singulars de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 80 mm i d'alçària 2,35 m	42,61000	€
B9H117C1	t	Mescla bituminosa continua en calent tipus AC 16 surf BC 35/50 S, amb betum millorat amb cautxú, de granulometria semidensa per a capa de trànsit i granulat granític	55,89000	€
BBM2AA00	m	Barrera de seguretat flexible d'acer galvanitzat, formada per perfil longitudinal, de secció en doble ona amb característiques AASHO	17,46000	€
BBMZ1210	m	Suport de perfil d'acer galvanitzat C-120, per a barreres de seguretat	7,98000	€

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 4

MATERIALES

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	
BBMZA810	u	Amortidor de perfil d'acer galvanitzat, de secció en doble ona, per a barreres de seguretat	7,50000	€
BBMZP010	m	Part proporcional d'elements de fixació, per a barreres de seguretat	5,14000	€
BG319320	m	Cable amb conductor de coure de 0,6/1 kV de tensió assignada, amb designació RV-K, tripolar, de secció 3 x 1,5 mm2, amb coberta del cable de PVC	0,89000	€
BHM11C22	u	Columna de planxa d'acer galvanitzat, de forma troncocònica, de 2,5 m d'alçària, coronament sense platina, amb base platina i porta, segons norma UNE-EN 40-5	124,14000	€
BHN52A80	u	Llumenera asimètrica per a vials, amb difusor cubeta de plàstic, amb làmpada llum mixta de 125 W, de preu alt, tancada amb allotjament per a equip	54,64000	€
BHWM1000	u	Part proporcional d'accessoris per a columnes	39,85000	€

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 5

### ELEMENTOS COMPUESTOS

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
D060P021	m3	Formigó de 200 kg/m3, amb una proporció en volum 1:3:6, amb ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R i granulat de pedra calcària de grandària màxima 20 mm, elaborat a l'obra amb formigonera de 165 l	Rend.: 1,000		73,86000	€
			Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra						
A0150000	h	Manobre especialista	1,100	/R x 16,53000	= 18,18300	
Subtotal:					18,18300	18,18300
Maquinaria						
C1705600	h	Formigonera de 165 l	0,600	/R x 1,50000	= 0,90000	
Subtotal:					0,90000	0,90000
Materiales						
B0512401	t	Ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R segons UNE-EN 197-1, en sacs	0,200	x 83,80000	= 16,76000	
B0331Q10	t	Grava de pedrera de pedra calcària, de grandària màxima 20 mm, per a formigons	1,550	x 16,81000	= 26,05550	
B0311010	t	Sorra de pedrera de pedra calcària per a formigons	0,650	x 17,87000	= 11,61550	
B0111000	m3	Aigua	0,180	x 0,91000	= 0,16380	
Subtotal:					54,59480	54,59480
GASTOS AUXILIARES				1,00 %		0,18183
COSTE DIRECTO						73,85963
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL						73,85963
D060Q021	m3	Formigó de 225 kg/m3, amb una proporció en volum 1:3:6, amb ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R i granulat de pedra calcària de grandària màxima 20 mm, elaborat a l'obra amb formigonera de 165 l	Rend.: 1,000		75,95000	€
			Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra						
A0150000	h	Manobre especialista	1,100	/R x 16,53000	= 18,18300	
Subtotal:					18,18300	18,18300
Maquinaria						
C1705600	h	Formigonera de 165 l	0,600	/R x 1,50000	= 0,90000	
Subtotal:					0,90000	0,90000
Materiales						
B0331Q10	t	Grava de pedrera de pedra calcària, de grandària màxima 20 mm, per a formigons	1,550	x 16,81000	= 26,05550	
B0311010	t	Sorra de pedrera de pedra calcària per a formigons	0,650	x 17,87000	= 11,61550	
B0111000	m3	Aigua	0,180	x 0,91000	= 0,16380	
B0512401	t	Ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R segons UNE-EN 197-1, en sacs	0,225	x 83,80000	= 18,85500	
Subtotal:					56,68980	56,68980

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 6

ELEMENTOS COMPUESTOS

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
			GASTOS AUXILIARES	1,00	%	0,18183
			COSTE DIRECTO			75,95463
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			75,95463
D0B27100	kg	Acer en barres corrugades elaborat a l'obra i manipulats a taller B 400 S, de límit elàstic >= 400 N/mm2	Rend.: 1,000		0,77000	€
			Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra						
A0134000	h	Ajudant ferrallista	0,005	/R x 13,99000	=	0,06995
A0124000	h	Oficial 1a ferrallista	0,005	/R x 14,96000	=	0,07480
			Subtotal:		0,14475	0,14475
Materiales						
B0A14200	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,3 mm	0,0102	x 0,80000	=	0,00816
B0B27000	kg	Acer en barres corrugades B 400 S de límit elàstic >= 400 N/mm2	1,050	x 0,59000	=	0,61950
			Subtotal:		0,62766	0,62766
Otros						
A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	1,000	% s 0,14500	=	0,00145
			Subtotal:		0,00145	0,00145
			COSTE DIRECTO			0,77386
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			0,77386

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 7

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
P-1	G2213201	m3	Excavació en zona de desmunt, de terreny de trànsit, utilitzant escarificadora i càrrega sobre camió	Rend.: 1,000		4,51	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	Mano de obra						
	A0140000	h	Manobre	0,010	/R x 15,97000 =	0,15970	
					Subtotal:	0,15970	0,15970
	Maquinaria						
	C13113B1	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t, amb escarificadora	0,048	/R x 86,18000 =	4,13664	
					Subtotal:	4,13664	4,13664
			GASTOS AUXILIARES		1,50 %		0,00240
			COSTE DIRECTO				4,29874
			DESPESES INDIRECTES		5,00 %		0,21494
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				4,51367
P-2	G2214101	m3	Excavació en zona de desmunt, de terreny no classificat, amb mitjans mecànics i càrrega sobre camió	Rend.: 1,000		2,88	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	Mano de obra						
	A0140000	h	Manobre	0,010	/R x 15,97000 =	0,15970	
					Subtotal:	0,15970	0,15970
	Maquinaria						
	C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	0,030	/R x 86,18000 =	2,58540	
					Subtotal:	2,58540	2,58540
			GASTOS AUXILIARES		1,50 %		0,00240
			COSTE DIRECTO				2,74750
			DESPESES INDIRECTES		5,00 %		0,13737
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				2,88487
P-3	G2216101	m3	Excavació en zona de desmunt, de terra vegetal, amb mitjans mecànics i càrrega sobre camió	Rend.: 1,000		1,98	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	Mano de obra						
	A0140000	h	Manobre	0,010	/R x 15,97000 =	0,15970	
					Subtotal:	0,15970	0,15970
	Maquinaria						
	C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	0,020	/R x 86,18000 =	1,72360	
					Subtotal:	1,72360	1,72360
			GASTOS AUXILIARES		1,50 %		0,00240
			COSTE DIRECTO				1,88570
			DESPESES INDIRECTES		5,00 %		0,09428
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				1,97998



## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 8

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
P-4	G2263211	m3	Estesa i piconatge de sòl seleccionat de l'obra, en tongades de 50 cm de gruix, com a màxim, amb compactació del 95 % PM, utilitzant corró vibratori autopropulsat, i amb necessitat d'humectació	Rend.: 1,000		2,40	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1311440	h	Pala carregadora sobre pneumàtics de 15 a 20 t	0,009	/R x 86,18000 =	0,77562	
	C1502D00	h	Camió cisterna de 6 m3	0,007	/R x 40,14000 =	0,28098	
	C13350C0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 12 a 14 t	0,014	/R x 56,85000 =	0,79590	
	C1331200	h	Motoanivelladora mitjana	0,007	/R x 55,65000 =	0,38955	
				Subtotal:		2,24205	2,24205
Materiales							
	B0111000	m3	Aigua	0,050	x 0,91000 =	0,04550	
				Subtotal:		0,04550	0,04550
				COSTE DIRECTO			2,28755
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,11438
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			2,40193
P-5	G22CJ3YC	m3	Excavación de caverna de la central en roca con explosivos, incluido sostenimiento provisional y permanente.	Rend.: 1,000		124,17	€
P-6	G22CJ3YT	m3	Excavación en roca de pozo vertical o galería en avance y destroza, con explosivos. Incluido sostenimiento provisional y permanente.	Rend.: 1,000		152,21	€
P-7	G22CJ3YV	m3	Excavación en roca de pozo vertical en avance y destroza, de 14 x 14 metros, con explosivos, incluido sostenimiento provisional y permanente.	Rend.: 1,000		152,21	€
P-8	G2412015	m3	Transport de terres per a reutilitzar en obra, amb dúmper extravial i temps d'espera per a la càrrega amb mitjans mecànics, amb un recorregut de menys de 5 km	Rend.: 1,000		1,07	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1507M00	h	Dúmper extravial, de 32 t de càrrega útil	0,011	/R x 92,47000 =	1,01717	
				Subtotal:		1,01717	1,01717
				COSTE DIRECTO			1,01717
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,05086
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			1,06803
P-9	G2R350A9	m3	Transport de terres a instal·lació autoritzada de gestió de residus, amb camió de 20 t i temps d'espera per a la càrrega amb mitjans mecànics, amb un recorregut de menys de 15 km	Rend.: 1,000		4,72	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1501900	h	Camió per a transport de 20 t	0,096	/R x 46,80000 =	4,49280	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 9

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
Subtotal:				4,49280			4,49280
COSTE DIRECTO							4,49280
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,22464
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							4,71744
P-10	G2R450A7	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i transport de terres a instal·lació autoritzada de gestió de residus, amb camió de 20 t, amb un recorregut de fins a 10 km	Rend.: 1,000			4,34 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1501900	h	Camión per a transport de 20 t	0,067	/R x 46,80000 =	3,13560	
	C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	0,0069	/R x 145,06000 =	1,00091	
Subtotal:						4,13651	4,13651
COSTE DIRECTO							4,13651
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,20683
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							4,34334
P-11	G2R4B0A7	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i transport de roca a instal·lació autoritzada de gestió de residus, amb camió de 20 t, amb un recorregut de fins a 10 km	Rend.: 1,000			5,18 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1501900	h	Camión per a transport de 20 t	0,080	/R x 46,80000 =	3,74400	
	C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	0,0082	/R x 145,06000 =	1,18949	
Subtotal:						4,93349	4,93349
COSTE DIRECTO							4,93349
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,24667
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							5,18016
	G3251KH2	m3	Formigó per a murs de contenció HA-35/B/20/Ila+Qc de consistència tova i grandària màxima del granulat 20 mm i abocat amb bomba	Rend.: 1,000			117,41 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,330	/R x 15,97000 =	5,27010	
Subtotal:						5,27010	5,27010
Maquinaria							
	C1701100	h	Camión amb bomba de formigonar	0,110	/R x 156,75000 =	17,24250	
Subtotal:						17,24250	17,24250
Materiales							
	B065L93B	m3	Formigó HA-35/B/20/Ila+Qc de consistència tova, grandària màxima del granulat 20 mm, amb >= 350 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició Ila+Qc	1,035	x 86,16000 =	89,17560	
Subtotal:						89,17560	89,17560

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 10

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
GASTOS AUXILIARES				2,50 %			0,13175
COSTE DIRECTO							111,81995
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			5,59100
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							117,41095
<b>G32B1101</b>	kg	Armadura per a murs de contenció AP400 S en barres de diàmetre com a màxim 16 mm, d'acer en barres corrugades B400S de límit elàstic >= 400 N/mm2	<b>Rend.: 1,000</b>			<b>1,16</b>	<b>€</b>
Mano de obra				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	A0134000	h	Ajudant ferrallista	0,012	/R x 13,99000 =	0,16788	
	A0124000	h	Oficial 1a ferrallista	0,010	/R x 14,96000 =	0,14960	
				Subtotal:		0,31748	0,31748
Materiales							
	B0A14200	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,3 mm	0,0061	x 0,80000 =	0,00488	
	D0B27100	kg	Acer en barres corrugades elaborat a l'obra i manipulat a taller B 400 S, de límit elàstic >= 400 N/mm2	1,000	x 0,77386 =	0,77386	
				Subtotal:		0,77874	0,77874
GASTOS AUXILIARES				1,50 %			0,00476
COSTE DIRECTO							1,10098
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,05505
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							1,15603
<b>P-12</b>	<b>G32BCAVE</b>	m3	Ejecución de estructuras de contención de hormigón armado. Incluye hormigón estructural, armadura de acero en barras y encofrados.	<b>Rend.: 1,000</b>		<b>341,04</b>	<b>€</b>
Partides de obra				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	G3251KH2	m3	Formigó per a murs de contenció HA-35/B/20/Ila+Qc de consistència tova i grandària màxima del granulat 20 mm i abocat amb bomba	1,000	x 111,81995 =	111,81995	
	G32B1101	kg	Armadura per a murs de contenció AP400 S en barres de diàmetre com a màxim 16 mm, d'acer en barres corrugades B400S de límit elàstic >= 400 N/mm2	155,000	x 1,10098 =	170,65190	
	G32D1107	m2	Muntatge i desmuntatge d'una cara d'encofrat amb plafó metàl·lic i suport amb contraforts metàl·lic , per a murs de contenció de base rectilínia encofrats a una cara, per a una alçària de treball <= 10 m	1,600	x 26,45238 =	42,32381	
				Subtotal:		324,79566	324,79566
COSTE DIRECTO							324,79566
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			16,23978
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							341,03544
<b>G32D1107</b>	m2	Muntatge i desmuntatge d'una cara d'encofrat amb plafó metàl·lic i suport amb contraforts metàl·lic , per a murs de contenció de base rectilínia encofrats a una cara, per a una alçària de treball <= 10 m	<b>Rend.: 1,000</b>			<b>27,78</b>	<b>€</b>

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN					PRECIO
				Unidades	Precio	Parcial	Importe	
Mano de obra								
	A0123000	h	Oficial 1a encofrador	0,700	/R x 14,96000	=	10,47200	
	A0133000	h	Ajudant encofrador	0,700	/R x 13,99000	=	9,79300	
Subtotal:							20,26500	
20,26500								
Materiales								
	B0D31000	m3	Llata de fusta de pi	0,0019	x 204,76000	=	0,38904	
	B0DZP600	u	Part proporcional d'elements auxiliars per a plafons metàl·lics, de 50x250 cm	1,000	x 0,50000	=	0,50000	
	B0DZA000	l	Desencofrant	0,080	x 1,80000	=	0,14400	
	B0D81680	m2	Plafó metàl·lic de 50x250 cm per a 50 usos	1,050	x 1,24000	=	1,30200	
	B0D21030	m	Tauló de fusta de pi per a 10 usos	1,397	x 0,39000	=	0,54483	
	B0A31000	kg	Clau acer	0,0494	x 1,03000	=	0,05088	
	B0DB1720	m	Contrafort metàl·lic per a parament de mur, d'alçària 5 i 10 m i 200 usos	0,500	x 5,50000	=	2,75000	
Subtotal:							5,68075	
							5,68075	
GASTOS AUXILIARES					2,50 %		0,50663	
COSTE DIRECTO							26,45238	
DESPESES INDIRECTES					5,00 %		1,32262	
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							27,77499	
P-13	G3Z113N1	m2	Capa de neteja i anivellament de 15 cm de gruix de formigó HL-150/P/10 de consistència plàstica i grandària màxima del granulat 10 mm, abocat des de camió	Rend.: 1,000				14,37 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe	
Mano de obra								
	A0140000	h	Manobre	0,180	/R x 15,97000	=	2,87460	
	A0121000	h	Oficial 1a	0,090	/R x 19,07000	=	1,71630	
Subtotal:							4,59090	
4,59090								
Materiales								
	B06NLA1C	m3	Formigó de neteja, amb una dosificació de 150 kg/m3 de ciment, consistència plàstica i grandària màxima del granulat 10 mm, HL-150/P/10	0,1575	x 57,33000	=	9,02948	
Subtotal:							9,02948	
9,02948								
GASTOS AUXILIARES					1,50 %		0,06886	
COSTE DIRECTO							13,68924	
DESPESES INDIRECTES					5,00 %		0,68446	
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							14,37371	
P-14	G44Z7A25	kg	Acer S275J2 segons UNE-EN 10025-2, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat a taller i amb una capa d'imprimació antioxidant, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, col·locat a l'obra amb soldadura	Rend.: 1,000				3,65 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe	
Mano de obra								

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 12

PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCÓN	PRECIO			
	A0135000	h	Ajudant soldador	0,040	/R x 20,76000	=	0,83040
	A0125000	h	Oficial 1a soldador	0,040	/R x 23,69000	=	0,94760
					Subtotal:		1,77800
Maquinaria							
	C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	0,040	/R x 3,12000	=	0,12480
	CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	0,040	/R x 8,39000	=	0,33560
					Subtotal:		0,46040
Materiales							
	B44Z7A2A	kg	Acer S275J2 segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,000	x 1,21000	=	1,21000
					Subtotal:		1,21000
			GASTOS AUXILIARES		1,50 %		0,02667
			COSTE DIRECTO				3,47507
			DESPESES INDIRECTES		5,00 %		0,17375
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				3,64882
P-15	G44Z8A25	kg	Acer S355JR segons UNE-EN 10025-2, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat a taller i amb una capa d'imprimació antioxidant, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, col·locat a l'obra amb soldadura	Rend.: 1,000			
							6,50 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0125000	h	Oficial 1a soldador	0,080	/R x 23,69000	=	1,89520
	A0135000	h	Ajudant soldador	0,080	/R x 20,76000	=	1,66080
					Subtotal:		3,55600
Maquinaria							
	CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	0,090	/R x 8,39000	=	0,75510
	C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	0,155	/R x 3,12000	=	0,48360
					Subtotal:		1,23870
Materiales							
	B44Z8A2A	kg	Acer S355JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,000	x 1,34000	=	1,34000
					Subtotal:		1,34000
			GASTOS AUXILIARES		1,50 %		0,05334
			COSTE DIRECTO				6,18804
			DESPESES INDIRECTES		5,00 %		0,30940
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				6,49744

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 13

## PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN					PRECIO
	G450U060	m3	Formigó HA-25 per a alçats, piles i taulers, inclòs col·locació, vibrat i curat	Rend.: 24,000				87,32
				Unidades	Precio		Parcial	Importe
Mano de obra								
	A0140000	h	Manobre	2,000	/R x 15,97000	=	1,33083	
	A013U001	h	Ajudant	2,000	/R x 16,93000	=	1,41083	
	A0112000	h	Cap de colla	1,000	/R x 20,20000	=	0,84167	
	A0121000	h	Oficial 1a	3,000	/R x 19,07000	=	2,38375	
				Subtotal:			5,96708	5,96708
Maquinaria								
	C1700006	h	Vibrador intern de formigó	4,800	/R x 1,60000	=	0,32000	
	C1701U10	h	Camió amb bomba de formigonar	1,200	/R x 83,15000	=	4,15750	
	CZ11U001	h	Grup electrògen de 80/100 kVA, amb consums inclosos	1,200	/R x 5,62000	=	0,28100	
	CZ12U00A	h	Compressor portàtil de 7/10 m3/min de cabal	1,200	/R x 14,55000	=	0,72750	
				Subtotal:			5,48600	5,48600
Materiales								
	B060U440	m3	Formigó HA-25, consistència fluida i granulat màxim 20 mm, inclòs transport a l'obra	1,050	x 68,29000	=	71,70450	
				Subtotal:			71,70450	71,70450
				COSTE DIRECTO				83,15758
				DESPESES INDIRECTES			5,00 %	4,15788
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				87,31546
P-16	G4591AHH	m3	Ejecución de revestiiento de pozo vertical o galería con hormigón armado.	Rend.: 1,000				337,52
				Unidades	Precio		Parcial	Importe
Partides de obra								
	G450U060	m3	Formigó HA-25 per a alçats, piles i taulers, inclòs col·locació, vibrat i curat	1,000	x 83,15758	=	83,15758	
	G4B0U020	kg	Acer B 500 S en barres corrugades de límit elàstic no menor de 500 N/mm2, col·locat	223,000	x 1,06857	=	238,29111	
				Subtotal:			321,44869	321,44869
				COSTE DIRECTO				321,44869
				DESPESES INDIRECTES			5,00 %	16,07243
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				337,52112
	G4B0U020	kg	Acer B 500 S en barres corrugades de límit elàstic no menor de 500 N/mm2, col·locat	Rend.: 270,000				1,12
				Unidades	Precio		Parcial	Importe
Mano de obra								
	A0112000	h	Cap de colla	0,243	/R x 20,20000	=	0,01818	
	A0121000	h	Oficial 1a	2,673	/R x 19,07000	=	0,18879	
	A013U001	h	Ajudant	2,673	/R x 16,93000	=	0,16761	
				Subtotal:			0,37458	0,37458
Maquinaria								

[illegible]

Unidades	Precio	Parcial	Importe
----------	--------	---------	---------



## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 15

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN					PRECIO	
Mano de obra									
	A012M000	h	Oficial 1a muntador	0,100	/R x	15,45000	=	1,54500	
	A012N000	h	Oficial 1a d'obra pública	0,100	/R x	14,96000	=	1,49600	
	A013M000	h	Ajudant muntador	0,100	/R x	13,99000	=	1,39900	
				Subtotal:				4,44000	
								4,44000	
Materiales									
	D060P021	m3	Formigó de 200 kg/m3, amb una proporció en volum 1:3:6, amb ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R i granulat de pedra calcària de grandària màxima 20 mm, elaborat a l'obra amb formigonera de 165 l	0,0154	x	73,85963	=	1,13744	
	B0A218SS	m2	Tela metàl·lica de simple torsió de filferro galvanitzat i plastificat de 50 mm de pas de malla i de D 2/3 mm	2,000	x	1,83000	=	3,66000	
	B6AZA264	u	Pal per a extrems, tensors o punts singulars de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 80 mm i d'alçària 2,35 m	0,067	x	42,61000	=	2,85487	
	B6AZ3234	u	Pal intermedi de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 50 mm i d'alçària 2,35 m	0,340	x	11,28000	=	3,83520	
				Subtotal:				11,48751	
								11,48751	
				GASTOS AUXILIARES		1,50	%	0,06660	
				COSTE DIRECTO				15,99411	
				DESPESES INDIRECTES		5,00	%	0,79971	
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				16,79382	
P-19	G921201J	m3	Subbase de tot-u artificial, col.locada amb estenedora i piconatge del material al 98 % del PM	Rend.: 1,000				23,78	€
				Unidades	Precio		Parcial	Importe	
Mano de obra									
	A0140000	h	Manobre	0,040	/R x	15,97000	=	0,63880	
				Subtotal:				0,63880	
								0,63880	
Maquinaria									
	C1709G00	h	Estenedora de granulat	0,015	/R x	33,01000	=	0,49515	
	C1502E00	h	Camió cisterna de 8 m3	0,005	/R x	33,14000	=	0,16570	
	C13350A0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 10 a 12 t	0,023	/R x	50,79000	=	1,16817	
				Subtotal:				1,82902	
								1,82902	
Materiales									
	B0372000	m3	Tot-u artificial	1,150	x	17,50000	=	20,12500	
	B0111000	m3	Aigua	0,050	x	0,91000	=	0,04550	
				Subtotal:				20,17050	
								20,17050	
Otros									
	A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	1,500	% s	0,63867	=	0,00958	
				Subtotal:				0,00958	
								0,00958	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 16

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN				PRECIO
				COSTE DIRECTO			22,64790
				DESPESES INDIRECTES 5,00 %			1,13240
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			23,78030
P-20	G921201L	m3	Subbase de tot-u artificial, col.locada amb estenedora i piconatge del material al 100 % del PM	Rend.: 1,000			24,31 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,040	/R x 15,97000 =	0,63880	
				Subtotal:			0,63880
Maquinaria							
	C1709G00	h	Estenedora de granulat	0,015	/R x 33,01000 =	0,49515	
	C1502E00	h	Camió cisterna de 8 m3	0,005	/R x 33,14000 =	0,16570	
	C13350A0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 10 a 12 t	0,033	/R x 50,79000 =	1,67607	
				Subtotal:			2,33692
Materiales							
	B0372000	m3	Tot-u artificial	1,150	x 17,50000 =	20,12500	
	B0111000	m3	Aigua	0,050	x 0,91000 =	0,04550	
				Subtotal:			20,17050
Otros							
	A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	1,500	% s 0,63867 =	0,00958	
				Subtotal:			0,00958
				COSTE DIRECTO			23,15580
				DESPESES INDIRECTES 5,00 %			1,15779
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			24,31359
P-21	G9H117C1	t	Paviment de mescla bituminosa contínua en calent tipus AC 16 surf BC 35/50 S, amb betum millorat amb cautxú, de granulometria semidensa per a capa de trànsit i granulat granític, estesa i compactada	Rend.: 1,000			61,67 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,072	/R x 15,97000 =	1,14984	
	A012N000	h	Oficial 1a d'obra pública	0,016	/R x 14,96000 =	0,23936	
				Subtotal:			1,38920
Maquinaria							
	C1709B00	h	Estenedora per a paviments de mescla bituminosa	0,008	/R x 44,98000 =	0,35984	
	C170D0A0	h	Corró vibratori per a formigons i betums autopropulsat pneumàtic	0,010	/R x 50,09000 =	0,50090	
	C13350C0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 12 a 14 t	0,010	/R x 56,85000 =	0,56850	
				Subtotal:			1,42924
Materiales							
	B9H117C1	t	Mescla bituminosa contínua en calent tipus AC 16 surf BC 35/50 S, amb betum millorat amb cautxú, de granulometria semidensa per a capa de trànsit i granulat granític	1,000	x 55,89000 =	55,89000	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 17

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
				Subtotal:	55,89000		55,89000
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,02084
				COSTE DIRECTO			58,72928
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		2,93646
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>61,66574</b>
<b>P-22</b>	<b>G9J12E40</b>	m2	Reg d'imprimació amb emulsió bituminosa catiònica tipus C50BF5 IMP(ECI), amb dotació 1 kg/m2	<b>Rend.: 1,000</b>		<b>0,58</b>	<b>€</b>
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0150000	h	Manobre especialista	0,003	/R x 16,53000	=	0,04959
				Subtotal:		0,04959	0,04959
Maquinaria							
	C1702D00	h	Camió cisterna per a reg asfàltic	0,003	/R x 22,43000	=	0,06729
				Subtotal:		0,06729	0,06729
Materiales							
	B0552460	kg	Emulsió bituminosa catiònica amb un 50% de betum asfàltic, per a reg d'imprimació tipus C50BF5 IMP(ECI) amb un contingut de fluidificant > 2%	1,000	x 0,43000	=	0,43000
				Subtotal:		0,43000	0,43000
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,00074
				COSTE DIRECTO			0,54762
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,02738
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>0,57501</b>
<b>P-23</b>	<b>GB2A1001</b>	m	Perfil longitudinal flexible d'acer galvanitzat de secció de doble ona amb característiques AASHO, per a barreres de seguretat, col·locat sobre suport	<b>Rend.: 1,000</b>		<b>23,25</b>	<b>€</b>
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,150	/R x 15,97000	=	2,39550
	A0121000	h	Oficial 1a	0,050	/R x 19,07000	=	0,95350
				Subtotal:		3,34900	3,34900
Materiales							
	BBMZP010	m	Part proporcional d'elements de fixació, per a barreres de seguretat	0,250	x 5,14000	=	1,28500
	BBM2AA00	m	Barrera de seguretat flexible d'acer galvanitzat, formada per perfil longitudinal, de secció en doble ona amb característiques AASHO	1,000	x 17,46000	=	17,46000
				Subtotal:		18,74500	18,74500
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,05024
				COSTE DIRECTO			22,14424
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		1,10721
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>23,25145</b>

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 18

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
P-24	GB2B4123	u	Suport de perfil, C-120 per a barreres de seguretat flexibles, entre 0,75 i 1 m de llargària, amb un amortidor, col·locat soldat	Rend.: 1,000		35,07	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,050	/R x 15,97000	=	0,79850
	A0121000	h	Oficial 1a	0,015	/R x 19,07000	=	0,28605
	A0135000	h	Ajudant soldador	0,650	/R x 20,76000	=	13,49400
	A0125000	h	Oficial 1a soldador	0,070	/R x 23,69000	=	1,65830
				Subtotal:		16,23685	16,23685
Maquinaria							
	C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	0,100	/R x 3,12000	=	0,31200
	CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	0,100	/R x 8,39000	=	0,83900
				Subtotal:		1,15100	1,15100
Materiales							
	B44Z502A	kg	Acer S275JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,250	x 1,00000	=	1,25000
	BBMZA810	u	Amortidor de perfil d'acer galvanitzat, de secció en doble ona, per a barreres de seguretat	1,000	x 7,50000	=	7,50000
	BBMZ1210	m	Suport de perfil d'acer galvanitzat C-120, per a barreres de seguretat	0,880	x 7,98000	=	7,02240
				Subtotal:		15,77240	15,77240
				GASTOS AUXILIARES		1,50 %	0,24355
				COSTE DIRECTO			33,40380
				DESPESES INDIRECTES		5,00 %	1,67019
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			35,07399
P-25	GD501DR	m2	Ejecución del sistema de drenajes de la balsa. Incluye tuberías corrugadas de PEAD de 200 mm con relleno de material filtrante (gravilla 5-15 cm) con una lámina de geotéxtil de 125 g/m² por encima, incluye ejecución de zanjas hasta 1 m de ancho y 2 m de profundidad en terreno compacto con retroexcavadora mediana y carga mecánica del material excavado.	Rend.: 1,000		1,86	€
P-26	GG319324	m	Cable amb conductor de coure de 0,6/1 kV de tensió assignada, amb designació RV-K, tripolar, de secció 3 x 1,5 mm2, amb coberta del cable de PVC, col·locat en tub	Rend.: 1,000		1,67	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A013H000	h	Ajudant electricista	0,015	/R x 20,65000	=	0,30975
	A012H000	h	Oficial 1a electricista	0,015	/R x 24,08000	=	0,36120
				Subtotal:		0,67095	0,67095
Materiales							
	BG319320	m	Cable amb conductor de coure de 0,6/1 kV de tensió assignada, amb designació RV-K, tripolar, de secció 3 x 1,5 mm2, amb coberta del cable de PVC	1,020	x 0,89000	=	0,90780

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 19

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
				Subtotal:		0,90780	0,90780
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,01006
				COSTE DIRECTO			1,58881
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,07944
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>1,66825</b>
<b>P-27</b>	<b>GHM11C22</b>	u	Columna de planxa d'acer galvanitzat, de forma troncocònica, de 2,5 m d'alçària, coronament sense platina, amb base platina i porta, segons norma UNE-EN 40-5, col·locada sobre dau de formigó	<b>Rend.: 1,000</b>			<b>206,68 €</b>
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,250	/R x 15,97000 =	3,99250	
	A013H000	h	Ajudant electricista	0,250	/R x 20,65000 =	5,16250	
	A012H000	h	Oficial 1a electricista	0,250	/R x 24,08000 =	6,02000	
				Subtotal:		15,17500	15,17500
Maquinaria							
	C1504R00	h	Camió cistella de 10 m d'alçària com a màxim	0,250	/R x 37,80000 =	9,45000	
				Subtotal:		9,45000	9,45000
Materiales							
	BHWM1000	u	Part proporcional d'accessoris per a columnes	1,000	x 39,85000 =	39,85000	
	BHM11C22	u	Columna de planxa d'acer galvanitzat, de forma troncocònica, de 2,5 m d'alçària, coronament sense platina, amb base platina i porta, segons norma UNE-EN 40-5	1,000	x 124,14000 =	124,14000	
	B064500C	m3	Formigó HM-20/P/40/I de consistència plàstica, grandària màxima del granulat 40 mm, amb >= 200 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició I	0,143	x 55,93000 =	7,99799	
				Subtotal:		171,98799	171,98799
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,22763
				COSTE DIRECTO			196,84062
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		9,84203
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>206,68265</b>
<b>P-28</b>	<b>GHN52A81</b>	u	Llumenera asimètrica per a vials, amb difusor cubeta de plàstic, amb làmpada llum mixta de 125 W, de preu alt, tancada amb allotjament per a equip i acoblada al bàcul	<b>Rend.: 1,000</b>			<b>74,06 €</b>
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A013H000	h	Ajudant electricista	0,350	/R x 20,65000 =	7,22750	
	A012H000	h	Oficial 1a electricista	0,350	/R x 24,08000 =	8,42800	
				Subtotal:		15,65550	15,65550
Materiales							
	BHN52A80	u	Llumenera asimètrica per a vials, amb difusor cubeta de plàstic, amb làmpada llum mixta de 125 W, de preu alt, tancada amb allotjament per a equip	1,000	x 54,64000 =	54,64000	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 20

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN			PRECIO
				Subtotal:	54,64000	54,64000
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %	0,23483
				COSTE DIRECTO		70,53033
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %	3,52652
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>74,05685</b>
P-29	IMPERM01	m2	Impermeabilización del cuenco del embalse con lámina de polietileno de alta densidad termosoldada, resistente a la intemperie, colocada sobre geotéxtil de 300 g/m2. Incluye p.p. soportaciones, anclajes a coronación y lastrado.	Rend.: 1,000	11,57	€
P-30	OAUYS01	u	Ejecución de obras auxiliares y colocación de elementos de seguridad	Rend.: 1,000	150.000,00	€
P-31	TOMAEMS	u	Ejecución de la toma del embalse superior	Rend.: 1,000	1.800.000,00	€
P-32	ZALYCAB	u	Albañilería y acabados	Rend.: 1,000	1.250.000,00	€
P-33	ZCONTROLCE	u	Ejecución del sistema de control de la central	Rend.: 1,000	4.300.000,00	€
P-34	ZEDVCMP	m2	Ejecución de edificio de protección de válvulas de mariposa. Estructura formada por pilares y vigas prefabricadas de hormigón sobre cimentación de hormigón armado, con cubierta metálica inclinada no transitable. Cerramientos exteriores de pared de bloque de hormigón. Incluye p.p. de cerramientos practicables, revestimientos, instalaciones y acabados.	Rend.: 1,000	2.000,00	€
P-35	ZELAUXI	u	Equipos auxiliares eléctricos	Rend.: 1,000	725.000,00	€
P-36	ZELFAIS	m	Fase aislada de 15kV y 500 MVA	Rend.: 1,000	30.000,00	€
P-37	ZELGENE	u	Equipos eléctricos de generación	Rend.: 1,000	1.750.000,00	€
P-38	ZEQAUXCEN	u	Equipos auxiliares de la central	Rend.: 1,000	625.000,00	€
P-39	ZLINEAELEC	km	Línea eléctrica aérea de 400 kV hasta subestación de compañía de distribución	Rend.: 1,000	510.000,00	€
P-40	ZLINEASPOS	u	Sistemas de posiciones para una tensión de 400 kV	Rend.: 1,000	1.220.000,00	€
P-41	ZPGRUACE	u	Puente grúa de tipo Birrail con clasificación FEM A4 (para estructura) y M4 (para mecanismos); de una capacidad de carga total de 350.000 kg; una capacidad de carga auxiliar de 10.000 kg; luz entre ejes de carriles de 19 m; recorrido total del gancho 30 m, totalmente montado e instalado.	Rend.: 1,000	1.300.000,00	€



## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 21

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN			PRECIO
P-42	ZPGRUACSV	u	Puente grúa de tipo Birrail con clasificación según FEM A4 (para estructura) y M4 (para mecanismos); de una capacidad de carga total de 40.000 kg; una capacidad de carga auxiliar de 5.000 kg; luz entre ejes de carriles de 12 m; recorrido total del gancho 35; totalmente montado e instalado.	Rend.: 1,000	150.000,00	€
P-43	ZPGRUAEMBA	u	Puente grúa de tipo Birrail con clasificación según FEM A4 (para estructura) y M4 (para mecanismos); de una capacidad de carga total de 40.000 kg; una capacidad de carga auxiliar de 5.000 kg; luz entre ejes de carriles de 7,2 m; recorrido total del gancho 10 m; totalmente montado e instalado.	Rend.: 1,000	110.000,00	€
P-44	ZPUENTE01	m	Ejecución de puente de calzada 6 metros.	Rend.: 1,000	11.000,00	€
P-45	ZSECACO	u	Ejecución de caseta de control	Rend.: 1,000	20.000,00	€
P-46	ZSECANA	u	Formación de canalizaciones eléctricas	Rend.: 1,000	50.000,00	€
P-47	ZSECIME	u	Formación de la losa de cimentación y bancadas de equipos e instalaciones	Rend.: 1,000	97.000,00	€
P-48	ZSEDREN	u	Ejecución del sistema de drenajes y depósitos de aceite de transformadores	Rend.: 1,000	25.000,00	€
P-49	ZSEFRAF	u	Transformadores de potencia de 250 MVA y relación de transformación de 400/15 kV	Rend.: 1,000	2.625.000,00	€
P-50	ZSESPOS	u	Sistemas de posiciones para una tensión de 400 kV	Rend.: 1,000	1.220.000,00	€
P-51	ZSEVIAL	u	Formación de viales internos	Rend.: 1,000	6.000,00	€
P-52	ZTOMAINFATA	m3	Ejecución y retirada de ataguía de seguridad para contención de aguas en toma de embalse. Ejecutada con tierra seleccionada de la propia obra. Incluye transporte de tierras, terraplenado y compactación al 95% PM y excavación para su posterior retirada.	Rend.: 1,000	12,43	€
P-53	ZTOMAINFCO	u	Compuerta vagón de 4,5 x 4,5 metros de sección, cierre estanco por 4 lados. Incluye sistema de accionamiento.	Rend.: 1,000	350.000,00	€
P-54	ZTOMAINFEDIF	m2	Ejecución de edificio de protección de compuertas. Estructura formada por pilares y vigas prefabricadas de hormigón armado, con cubierta metálica inclinada no transitable. Cerramientos exteriores de pared de bloque de hormigón. Incluye p.p. de cerramientos practicables, revestimientos, instalaciones y acabados.	Rend.: 1,000	2.000,00	€

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 22

PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN			PRECIO
P-55	ZTOMAINFEMB	u	Ejecución embocadura de captación	Rend.: 1,000	350.000,00	€
P-56	ZTURB225	u	Grupo generador formado por: Turbo-bomba 225 MW tipo Francis, Motor-generador 250 MVA, Sistemas de arranque y regulación.	Rend.: 1,000	22.500.000,00	€
P-57	ZVACO	u	Compuerta vagón de cierre estanco en los 4 lados de 3x4 m para cierre del circuito de baja presión.	Rend.: 1,000	280.000,00	€
P-58	ZVALV	u	Válvula de guarda de esfera d=1,8m, presión de servicio 100 bar, incluido el sistema de bypass y sistema de acondicionamiento.	Rend.: 1,000	5.000.000,00	€
P-59	ZVAMAR1	u	Suministro y montaje de válvula de mariposa DN4500 PN6, incluye bypass, grupo oleohidráulico y armario de control.	Rend.: 1,000	650.000,00	€



# Alternativa B

---

## *Documento 1. Memoria y Anejos*

PROYECTO BÁSICO DEL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL BOMBEO  
REVERSIBLE DE MATALAVILLA-SALENTINOS. T.M. Páramo de Sil (LEÓN)



## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 1

### MANO DE OBRA

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	
A0112000	h	Cap de colla	20,20000	€
A0121000	h	Oficial 1a	19,07000	€
A0123000	h	Oficial 1a encofrador	14,96000	€
A0124000	h	Oficial 1a ferrallista	14,96000	€
A0125000	h	Oficial 1a soldador	23,69000	€
A012H000	h	Oficial 1a electricista	24,08000	€
A012M000	h	Oficial 1a muntador	15,45000	€
A012N000	h	Oficial 1a d'obra pública	14,96000	€
A0133000	h	Ajudant encofrador	13,99000	€
A0134000	h	Ajudant ferrallista	13,99000	€
A0135000	h	Ajudant soldador	20,76000	€
A013H000	h	Ajudant electricista	20,65000	€
A013M000	h	Ajudant muntador	13,99000	€
A013U001	h	Ajudant	16,93000	€
A0140000	h	Manobre	15,97000	€
A0150000	h	Manobre especialista	16,53000	€

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 2

### MAQUINARIA

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO
C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	86,18000 €
C13113B1	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t, amb escarificadora	86,18000 €
C1311440	h	Pala carregadora sobre pneumàtics de 15 a 20 t	86,18000 €
C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	145,06000 €
C1331200	h	Motoanivelladora mitjana	55,65000 €
C13350A0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 10 a 12 t	50,79000 €
C13350C0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 12 a 14 t	56,85000 €
C1501900	h	Camió per a transport de 20 t	46,80000 €
C1502D00	h	Camió cisterna de 6 m3	40,14000 €
C1502E00	h	Camió cisterna de 8 m3	33,14000 €
C1503U10	h	Camió grua de 5 t	33,92000 €
C1504R00	h	Camió cistella de 10 m d'alçària com a màxim	37,80000 €
C1507M00	h	Dúmpier extraviat, de 32 t de càrrega útil	92,47000 €
C1700006	h	Vibrador intern de formigó	1,60000 €
C1701100	h	Camió amb bomba de formigonar	156,75000 €
C1701U10	h	Camió amb bomba de formigonar	83,15000 €
C1702D00	h	Camió cisterna per a reg asfàltic	22,43000 €
C1705600	h	Formigonera de 165 l	1,50000 €
C1709B00	h	Estenedora per a paviments de mescla bituminosa	44,98000 €
C1709G00	h	Estenedora de granulat	33,01000 €
C170D0A0	h	Corró vibratori per a formigons i betums autopropulsat pneumàtic	50,09000 €
C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	3,12000 €
C200U002	h	Màquina per a doblegar rodó d'acer	1,84000 €
C200U003	h	Cisalla elèctrica	1,98000 €
CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	8,39000 €
CZ11U001	h	Grup electrògen de 80/100 kVA, amb consums inclosos	5,62000 €
CZ12U00A	h	Compressor portàtil de 7/10 m3/min de cabal	14,55000 €

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 3

### MATERIALES

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO
B0111000	m3	Aigua	0,91000 €
B0311010	t	Sorra de pedrera de pedra calcària per a formigons	17,87000 €
B0331Q10	t	Grava de pedrera de pedra calcària, de grandària màxima 20 mm, per a formigons	16,81000 €
B0372000	m3	Tot-u artificial	17,50000 €
B0512401	t	Ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R segons UNE-EN 197-1, en sacs	83,80000 €
B0552460	kg	Emulsió bituminosa catiònica amb un 50% de betum asfàltic, per a reg d'imprimació tipus C50BF5 IMP(ECI) amb un contingut de fluidificant > 2%	0,43000 €
B060U440	m3	Formigó HA-25, consistència fluida i granulat màxim 20 mm, inclòs transport a l'obra	68,29000 €
B064500C	m3	Formigó HM-20/P/40/I de consistència plàstica, grandària màxima del granulat 40 mm, amb >= 200 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició I	55,93000 €
B065L93B	m3	Formigó HA-35/B/20/IIa+Qc de consistència tova, grandària màxima del granulat 20 mm, amb >= 350 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició IIa+Qc	86,16000 €
B06NLA1C	m3	Formigó de neteja, amb una dosificació de 150 kg/m3 de ciment, consistència plàstica i grandària màxima del granulat 10 mm, HL-150/P/10	57,33000 €
B0A14200	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,3 mm	0,80000 €
B0A142U0	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,6 mm	0,97000 €
B0A218SS	m2	Tela metàl·lica de simple torsió de filferro galvanitzat i plastificat de 50 mm de pas de malla i de D 2/3 mm	1,83000 €
B0A31000	kg	Clau acer	1,03000 €
B0B27000	kg	Acer en barres corrugades B 400 S de límit elàstic >= 400 N/mm2	0,59000 €
B0B2U002	kg	Acer corrugat B 500 S en barres	0,62000 €
B0D21030	m	Tauló de fusta de pi per a 10 usos	0,39000 €
B0D31000	m3	Llata de fusta de pi	204,76000 €
B0D81680	m2	Plafó metàl·lic de 50x250 cm per a 50 usos	1,24000 €
B0DB1720	m	Contrafort metàl·lic per a parament de mur, d'alçària 5 i 10 m i 200 usos	5,50000 €
B0DZA000	l	Desencofrant	1,80000 €
B0DZP600	u	Part proporcional d'elements auxiliars per a plafons metàl·lics, de 50x250 cm	0,50000 €
B44Z502A	kg	Acer S275JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,00000 €
B44Z7A2A	kg	Acer S275J2 segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,21000 €
B44Z8A2A	kg	Acer S355JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,34000 €
B6A16KZ3	u	Porta de dues fulles batents de 3x2 m de llum de pas d'acer galvanitzat en calent, amb bastidor de tub de 40x40x2 mm i malla simple torsió de 50/14/17 mm de pas i 2,2 mm de gruix, muntants de tub de 80x80x2 mm, passador amb topall antiobertura, pern regulable, pany de cop i clau i pom, acabat pintat	357,90000 €
B6AZ3234	u	Pal intermedi de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 50 mm i d'alçària 2,35 m	11,28000 €
B6AZA264	u	Pal per a extrems, tensors o punts singulars de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 80 mm i d'alçària 2,35 m	42,61000 €
B9H117C1	t	Mescla bituminosa continua en calent tipus AC 16 surf BC 35/50 S, amb betum millorat amb cautxú, de granulometria semidensa per a capa de trànsit i granulat granític	55,89000 €
BBM2AA00	m	Barrera de seguretat flexible d'acer galvanitzat, formada per perfil longitudinal, de secció en doble ona amb característiques AASHO	17,46000 €
BBMZ1210	m	Suport de perfil d'acer galvanitzat C-120, per a barreres de seguretat	7,98000 €

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 4

MATERIALES

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	
BBMZA810	u	Amortidor de perfil d'acer galvanitzat, de secció en doble ona, per a barreres de seguretat	7,50000	€
BBMZP010	m	Part proporcional d'elements de fixació, per a barreres de seguretat	5,14000	€
BG319320	m	Cable amb conductor de coure de 0,6/1 kV de tensió assignada, amb designació RV-K, tripolar, de secció 3 x 1,5 mm2, amb coberta del cable de PVC	0,89000	€
BHM11C22	u	Columna de planxa d'acer galvanitzat, de forma troncocònica, de 2,5 m d'alçària, coronament sense platina, amb base platina i porta, segons norma UNE-EN 40-5	124,14000	€
BHN52A80	u	Llumenera asimètrica per a vials, amb difusor cubeta de plàstic, amb làmpada llum mixta de 125 W, de preu alt, tancada amb allotjament per a equip	54,64000	€
BHWM1000	u	Part proporcional d'accessoris per a columnes	39,85000	€



## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 5

### ELEMENTOS COMPUESTOS

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
D060P021	m3	Formigó de 200 kg/m3, amb una proporció en volum 1:3:6, amb ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R i granulat de pedra calcària de grandària màxima 20 mm, elaborat a l'obra amb formigonera de 165 l	Rend.: 1,000		73,86000	€
			Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra						
A0150000	h	Manobre especialista	1,100	/R x 16,53000	= 18,18300	
Subtotal:					18,18300	18,18300
Maquinaria						
C1705600	h	Formigonera de 165 l	0,600	/R x 1,50000	= 0,90000	
Subtotal:					0,90000	0,90000
Materiales						
B0512401	t	Ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R segons UNE-EN 197-1, en sacs	0,200	x 83,80000	= 16,76000	
B0331Q10	t	Grava de pedrera de pedra calcària, de grandària màxima 20 mm, per a formigons	1,550	x 16,81000	= 26,05550	
B0311010	t	Sorra de pedrera de pedra calcària per a formigons	0,650	x 17,87000	= 11,61550	
B0111000	m3	Aigua	0,180	x 0,91000	= 0,16380	
Subtotal:					54,59480	54,59480
GASTOS AUXILIARES				1,00 %		0,18183
COSTE DIRECTO						73,85963
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL						73,85963
D060Q021	m3	Formigó de 225 kg/m3, amb una proporció en volum 1:3:6, amb ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R i granulat de pedra calcària de grandària màxima 20 mm, elaborat a l'obra amb formigonera de 165 l	Rend.: 1,000		75,95000	€
			Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra						
A0150000	h	Manobre especialista	1,100	/R x 16,53000	= 18,18300	
Subtotal:					18,18300	18,18300
Maquinaria						
C1705600	h	Formigonera de 165 l	0,600	/R x 1,50000	= 0,90000	
Subtotal:					0,90000	0,90000
Materiales						
B0331Q10	t	Grava de pedrera de pedra calcària, de grandària màxima 20 mm, per a formigons	1,550	x 16,81000	= 26,05550	
B0311010	t	Sorra de pedrera de pedra calcària per a formigons	0,650	x 17,87000	= 11,61550	
B0111000	m3	Aigua	0,180	x 0,91000	= 0,16380	
B0512401	t	Ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R segons UNE-EN 197-1, en sacs	0,225	x 83,80000	= 18,85500	
Subtotal:					56,68980	56,68980

ELEMENTOS COMPUESTOS

CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
			GASTOS AUXILIARES	1,00	%	0,18183
			COSTE DIRECTO			75,95463
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			75,95463
D0B27100	kg	Acer en barres corrugades elaborat a l'obra i manipulats a taller B 400 S, de límit elàstic >= 400 N/mm2	Rend.: 1,000		0,77000	€
			Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra						
A0134000	h	Ajudant ferrallista	0,005	/R x 13,99000	=	0,06995
A0124000	h	Oficial 1a ferrallista	0,005	/R x 14,96000	=	0,07480
			Subtotal:		0,14475	0,14475
Materiales						
B0A14200	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,3 mm	0,0102	x 0,80000	=	0,00816
B0B27000	kg	Acer en barres corrugades B 400 S de límit elàstic >= 400 N/mm2	1,050	x 0,59000	=	0,61950
			Subtotal:		0,62766	0,62766
Otros						
A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	1,000	% s 0,14500	=	0,00145
			Subtotal:		0,00145	0,00145
			COSTE DIRECTO			0,77386
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			0,77386

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 7

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
P-1	G2213201	m3	Excavació en zona de desmunt, de terreny de trànsit, utilitzant escarificadora i càrrega sobre camió	Rend.: 1,000		4,51	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	Mano de obra						
	A0140000	h	Manobre	0,010	/R x 15,97000 =	0,15970	
				Subtotal:		0,15970	0,15970
	Maquinaria						
	C13113B1	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t, amb escarificadora	0,048	/R x 86,18000 =	4,13664	
				Subtotal:		4,13664	4,13664
			GASTOS AUXILIARES	1,50	%		0,00240
			COSTE DIRECTO				4,29874
			DESPESES INDIRECTES	5,00	%		0,21494
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				4,51367
P-2	G2214101	m3	Excavació en zona de desmunt, de terreny no classificat, amb mitjans mecànics i càrrega sobre camió	Rend.: 1,000		2,88	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	Mano de obra						
	A0140000	h	Manobre	0,010	/R x 15,97000 =	0,15970	
				Subtotal:		0,15970	0,15970
	Maquinaria						
	C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	0,030	/R x 86,18000 =	2,58540	
				Subtotal:		2,58540	2,58540
			GASTOS AUXILIARES	1,50	%		0,00240
			COSTE DIRECTO				2,74750
			DESPESES INDIRECTES	5,00	%		0,13737
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				2,88487
P-3	G2216101	m3	Excavació en zona de desmunt, de terra vegetal, amb mitjans mecànics i càrrega sobre camió	Rend.: 1,000		1,98	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	Mano de obra						
	A0140000	h	Manobre	0,010	/R x 15,97000 =	0,15970	
				Subtotal:		0,15970	0,15970
	Maquinaria						
	C13113B0	h	Pala carregadora sobre cadenes d'11 a 17 t	0,020	/R x 86,18000 =	1,72360	
				Subtotal:		1,72360	1,72360
			GASTOS AUXILIARES	1,50	%		0,00240
			COSTE DIRECTO				1,88570
			DESPESES INDIRECTES	5,00	%		0,09428
			COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				1,97998

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 8

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
P-4	G2263211	m3	Estesa i piconatge de sòl seleccionat de l'obra, en tongades de 50 cm de gruix, com a màxim, amb compactació del 95 % PM, utilitzant corró vibratori autopropulsat, i amb necessitat d'humectació	Rend.: 1,000		2,40	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1311440	h	Pala carregadora sobre pneumàtics de 15 a 20 t	0,009	/R x 86,18000 =	0,77562	
	C1502D00	h	Camió cisterna de 6 m3	0,007	/R x 40,14000 =	0,28098	
	C13350C0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 12 a 14 t	0,014	/R x 56,85000 =	0,79590	
	C1331200	h	Motoanivelladora mitjana	0,007	/R x 55,65000 =	0,38955	
				Subtotal:		2,24205	2,24205
Materiales							
	B0111000	m3	Aigua	0,050	x 0,91000 =	0,04550	
				Subtotal:		0,04550	0,04550
				COSTE DIRECTO			2,28755
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,11438
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			2,40193
P-5	G22CJ3YC	m3	Excavación de caverna de la central en roca con explosivos, incluido sostenimiento provisional y permanente.	Rend.: 1,000		124,17	€
P-6	G22CJ3YT	m3	Excavación en roca de pozo vertical o galería en avance y destroza, con explosivos. Incluido sostenimiento provisional y permanente.	Rend.: 1,000		152,21	€
P-7	G22CJ3YV	m3	Excavación en roca de pozo vertical en avance y destroza, de 22 x 22 metros, con explosivos, incluido sostenimiento provisional y permanente.	Rend.: 1,000		152,21	€
P-8	G2412015	m3	Transport de terres per a reutilitzar en obra, amb dúmper extraviat i temps d'espera per a la càrrega amb mitjans mecànics, amb un recorregut de menys de 5 km	Rend.: 1,000		1,07	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1507M00	h	Dúmper extraviat, de 32 t de càrrega útil	0,011	/R x 92,47000 =	1,01717	
				Subtotal:		1,01717	1,01717
				COSTE DIRECTO			1,01717
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,05086
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			1,06803
P-9	G2R350A9	m3	Transport de terres a instal·lació autoritzada de gestió de residus, amb camió de 20 t i temps d'espera per a la càrrega amb mitjans mecànics, amb un recorregut de menys de 15 km	Rend.: 1,000		4,72	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Maquinaria							
	C1501900	h	Camió per a transport de 20 t	0,096	/R x 46,80000 =	4,49280	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 9

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
Subtotal:				4,49280			4,49280
COSTE DIRECTO							4,49280
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,22464
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							4,71744
P-10	G2R450A7	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i transport de terres a instal·lació autoritzada de gestió de residus, amb camió de 20 t, amb un recorregut de fins a 10 km	Rend.: 1,000			4,34 €
Maquinaria				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	C1501900	h	Camión per a transport de 20 t	0,067	/R x 46,80000 =	3,13560	
	C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	0,0069	/R x 145,06000 =	1,00091	
Subtotal:						4,13651	4,13651
COSTE DIRECTO							4,13651
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,20683
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							4,34334
P-11	G2R4B0A7	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i transport de roca a instal·lació autoritzada de gestió de residus, amb camió de 20 t, amb un recorregut de fins a 10 km	Rend.: 1,000			5,18 €
Maquinaria				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	C1501900	h	Camión per a transport de 20 t	0,080	/R x 46,80000 =	3,74400	
	C13124C0	h	Pala excavadora giratoria sobre cadenes de 31 a 40 t	0,0082	/R x 145,06000 =	1,18949	
Subtotal:						4,93349	4,93349
COSTE DIRECTO							4,93349
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,24667
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							5,18016
	G3251KH2	m3	Formigó per a murs de contenció HA-35/B/20/IIa+Qc de consistència tova i grandària màxima del granulat 20 mm i abocat amb bomba	Rend.: 1,000			117,41 €
Mano de obra				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	A0140000	h	Manobre	0,330	/R x 15,97000 =	5,27010	
Subtotal:						5,27010	5,27010
Maquinaria							
	C1701100	h	Camión amb bomba de formigonar	0,110	/R x 156,75000 =	17,24250	
Subtotal:						17,24250	17,24250
Materiales							
	B065L93B	m3	Formigó HA-35/B/20/IIa+Qc de consistència tova, grandària màxima del granulat 20 mm, amb >= 350 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició IIa+Qc	1,035	x 86,16000 =	89,17560	
Subtotal:						89,17560	89,17560

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 10

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
GASTOS AUXILIARES				2,50 %			0,13175
COSTE DIRECTO							111,81995
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			5,59100
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							117,41095
<b>G32B1101</b>				<b>Rend.: 1,000</b>			<b>1,16 €</b>
kg Armadura per a murs de contenció AP400 S en barres de diàmetre com a màxim 16 mm, d'acer en barres corrugades B400S de límit elàstic >= 400 N/mm2							
Mano de obra				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	A0134000	h	Ajudant ferrallista	0,012	/R x 13,99000 =	0,16788	
	A0124000	h	Oficial 1a ferrallista	0,010	/R x 14,96000 =	0,14960	
				Subtotal:		0,31748	0,31748
Materiales							
	B0A14200	kg	Filferro recuit de diàmetre 1,3 mm	0,0061	x 0,80000 =	0,00488	
	D0B27100	kg	Acer en barres corrugades elaborat a l'obra i manipulat a taller B 400 S, de límit elàstic >= 400 N/mm2	1,000	x 0,77386 =	0,77386	
				Subtotal:		0,77874	0,77874
GASTOS AUXILIARES				1,50 %			0,00476
COSTE DIRECTO							1,10098
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			0,05505
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							1,15603
<b>P-12</b>	<b>G32BCAVE</b>	<b>m3</b>	<b>Ejecución de estructuras de contención de hormigón armado. Incluye hormigón estructural, armadura de acero en barras y encofrados.</b>	<b>Rend.: 1,000</b>			<b>341,04 €</b>
Partides de obra				Unidades	Precio	Parcial	Importe
	G3251KH2	m3	Formigó per a murs de contenció HA-35/B/20/IIa+Qc de consistència tova i grandària màxima del granulat 20 mm i abocat amb bomba	1,000	x 111,81995 =	111,81995	
	G32B1101	kg	Armadura per a murs de contenció AP400 S en barres de diàmetre com a màxim 16 mm, d'acer en barres corrugades B400S de límit elàstic >= 400 N/mm2	155,000	x 1,10098 =	170,65190	
	G32D1107	m2	Muntatge i desmuntatge d'una cara d'encofrat amb plafó metàl·lic i suport amb contraforts metàl·lic , per a murs de contenció de base rectilínia encofrats a una cara, per a una alçària de treball <= 10 m	1,600	x 26,45238 =	42,32381	
				Subtotal:		324,79566	324,79566
COSTE DIRECTO							324,79566
DESPESES INDIRECTES				5,00 %			16,23978
COSTE EJECUCIÓN MATERIAL							341,03544
<b>G32D1107</b>	<b>m2</b>	<b>Muntatge i desmuntatge d'una cara d'encofrat amb plafó metàl·lic i suport amb contraforts metàl·lic , per a murs de contenció de base rectilínia encofrats a una cara, per a una alçària de treball &lt;= 10 m</b>		<b>Rend.: 1,000</b>			<b>27,78 €</b>

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 11

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO				
				Unidades	Precio	Parcial	Importe	
Mano de obra								
	A0123000	h	Oficial 1a encofrador	0,700	/R x 14,96000	=	10,47200	
	A0133000	h	Ajudant encofrador	0,700	/R x 13,99000	=	9,79300	
				Subtotal:			20,26500	20,26500
Materiales								
	B0D31000	m3	Llata de fusta de pi	0,0019	x 204,76000	=	0,38904	
	B0DZP600	u	Part proporcional d'elements auxiliars per a plafons metàl·lics, de 50x250 cm	1,000	x 0,50000	=	0,50000	
	B0DZA000	l	Desencofrant	0,080	x 1,80000	=	0,14400	
	B0D81680	m2	Plafó metàl·lic de 50x250 cm per a 50 usos	1,050	x 1,24000	=	1,30200	
	B0D21030	m	Tauló de fusta de pi per a 10 usos	1,397	x 0,39000	=	0,54483	
	B0A31000	kg	Clau acer	0,0494	x 1,03000	=	0,05088	
	B0DB1720	m	Contrafort metàl·lic per a parament de mur, d'alçària 5 i 10 m i 200 usos	0,500	x 5,50000	=	2,75000	
				Subtotal:			5,68075	5,68075
				GASTOS AUXILIARES		2,50 %		0,50663
				COSTE DIRECTO				26,45238
				DESPESES INDIRECTES		5,00 %		1,32262
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				27,77499
P-13	G3Z113N1	m2	Capa de neteja i anivellament de 15 cm de gruix de formigó HL-150/P/10 de consistència plàstica i grandària màxima del granulat 10 mm, abocat des de camió	Rend.: 1,000			14,37	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe	
Mano de obra								
	A0140000	h	Manobre	0,180	/R x 15,97000	=	2,87460	
	A0121000	h	Oficial 1a	0,090	/R x 19,07000	=	1,71630	
				Subtotal:			4,59090	4,59090
Materiales								
	B06NLA1C	m3	Formigó de neteja, amb una dosificació de 150 kg/m3 de ciment, consistència plàstica i grandària màxima del granulat 10 mm, HL-150/P/10	0,1575	x 57,33000	=	9,02948	
				Subtotal:			9,02948	9,02948
				GASTOS AUXILIARES		1,50 %		0,06886
				COSTE DIRECTO				13,68924
				DESPESES INDIRECTES		5,00 %		0,68446
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				14,37371
P-14	G44Z7A25	kg	Acer S275J2 segons UNE-EN 10025-2, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat a taller i amb una capa d'imprimació antioxidant, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, col·locat a l'obra amb soldadura	Rend.: 1,000			3,65	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe	
Mano de obra								



JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 12

PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCÓN	PRECIO			
	A0135000	h	Ajudant soldador	0,040	/R x 20,76000	=	0,83040
	A0125000	h	Oficial 1a soldador	0,040	/R x 23,69000	=	0,94760
					Subtotal:		1,77800
							1,77800
Maquinaria							
	C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	0,040	/R x 3,12000	=	0,12480
	CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	0,040	/R x 8,39000	=	0,33560
					Subtotal:		0,46040
							0,46040
Materiales							
	B44Z7A2A	kg	Acer S275J2 segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,000	x 1,21000	=	1,21000
					Subtotal:		1,21000
							1,21000
					GASTOS AUXILIARES	1,50 %	0,02667
					COSTE DIRECTO		3,47507
					DESPESES INDIRECTES	5,00 %	0,17375
					COSTE EJECUCIÓN MATERIAL		3,64882
P-15	G44Z8A25	kg	Acer S355JR segons UNE-EN 10025-2, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat a taller i amb una capa d'imprimació antioxidant, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, col·locat a l'obra amb soldadura	Rend.: 1,000			
							6,50 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0125000	h	Oficial 1a soldador	0,080	/R x 23,69000	=	1,89520
	A0135000	h	Ajudant soldador	0,080	/R x 20,76000	=	1,66080
					Subtotal:		3,55600
							3,55600
Maquinaria							
	CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	0,090	/R x 8,39000	=	0,75510
	C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	0,155	/R x 3,12000	=	0,48360
					Subtotal:		1,23870
							1,23870
Materiales							
	B44Z8A2A	kg	Acer S355JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, per a reforç d'elements d'encastament, recolzament i rigiditzadors, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,000	x 1,34000	=	1,34000
					Subtotal:		1,34000
							1,34000
					GASTOS AUXILIARES	1,50 %	0,05334
					COSTE DIRECTO		6,18804
					DESPESES INDIRECTES	5,00 %	0,30940
					COSTE EJECUCIÓN MATERIAL		6,49744

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 13

## PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN					PRECIO
	G450U060	m3	Formigó HA-25 per a alçats, piles i taulers, inclòs col·locació, vibrat i curat	Rend.: 24,000				87,32
				Unidades	Precio		Parcial	Importe
Mano de obra								
	A0140000	h	Manobre	2,000	/R x 15,97000	=	1,33083	
	A013U001	h	Ajudant	2,000	/R x 16,93000	=	1,41083	
	A0112000	h	Cap de colla	1,000	/R x 20,20000	=	0,84167	
	A0121000	h	Oficial 1a	3,000	/R x 19,07000	=	2,38375	
				Subtotal:			5,96708	5,96708
Maquinaria								
	C1700006	h	Vibrador intern de formigó	4,800	/R x 1,60000	=	0,32000	
	C1701U10	h	Camió amb bomba de formigonar	1,200	/R x 83,15000	=	4,15750	
	CZ11U001	h	Grup electrògen de 80/100 kVA, amb consums inclosos	1,200	/R x 5,62000	=	0,28100	
	CZ12U00A	h	Compressor portàtil de 7/10 m3/min de cabal	1,200	/R x 14,55000	=	0,72750	
				Subtotal:			5,48600	5,48600
Materiales								
	B060U440	m3	Formigó HA-25, consistència fluida i granulat màxim 20 mm, inclòs transport a l'obra	1,050	x 68,29000	=	71,70450	
				Subtotal:			71,70450	71,70450
				COSTE DIRECTO				83,15758
				DESPESES INDIRECTES			5,00 %	4,15788
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				87,31546
P-16	G4591AHH	m3	Ejecución de revestiiento de pozo vertical o galería con hormigón armado.	Rend.: 1,000				337,52
				Unidades	Precio		Parcial	Importe
Partides de obra								
	G450U060	m3	Formigó HA-25 per a alçats, piles i taulers, inclòs col·locació, vibrat i curat	1,000	x 83,15758	=	83,15758	
	G4B0U020	kg	Acer B 500 S en barres corrugades de límit elàstic no menor de 500 N/mm2, col·locat	223,000	x 1,06857	=	238,29111	
				Subtotal:			321,44869	321,44869
				COSTE DIRECTO				321,44869
				DESPESES INDIRECTES			5,00 %	16,07243
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				337,52112
	G4B0U020	kg	Acer B 500 S en barres corrugades de límit elàstic no menor de 500 N/mm2, col·locat	Rend.: 270,000				1,12
				Unidades	Precio		Parcial	Importe
Mano de obra								
	A0112000	h	Cap de colla	0,243	/R x 20,20000	=	0,01818	
	A0121000	h	Oficial 1a	2,673	/R x 19,07000	=	0,18879	
	A013U001	h	Ajudant	2,673	/R x 16,93000	=	0,16761	
				Subtotal:			0,37458	0,37458
Maquinaria								



## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 15

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN					PRECIO	
Mano de obra									
	A012M000	h	Oficial 1a muntador	0,100	/R x	15,45000	=	1,54500	
	A012N000	h	Oficial 1a d'obra pública	0,100	/R x	14,96000	=	1,49600	
	A013M000	h	Ajudant muntador	0,100	/R x	13,99000	=	1,39900	
				Subtotal:				4,44000	
								4,44000	
Materiales									
	D060P021	m3	Formigó de 200 kg/m3, amb una proporció en volum 1:3:6, amb ciment pòrtland amb filler calcari CEM II/B-L 32,5 R i granulat de pedra calcària de grandària màxima 20 mm, elaborat a l'obra amb formigonera de 165 l	0,0154	x	73,85963	=	1,13744	
	B0A218SS	m2	Tela metàl·lica de simple torsió de filferro galvanitzat i plastificat de 50 mm de pas de malla i de D 2/3 mm	2,000	x	1,83000	=	3,66000	
	B6AZA264	u	Pal per a extrems, tensors o punts singulars de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 80 mm i d'alçària 2,35 m	0,067	x	42,61000	=	2,85487	
	B6AZ3234	u	Pal intermedi de tub d'acer galvanitzat i plastificat, de diàmetre 50 mm i d'alçària 2,35 m	0,340	x	11,28000	=	3,83520	
				Subtotal:				11,48751	
								11,48751	
				GASTOS AUXILIARES		1,50	%	0,06660	
								0,06660	
				COSTE DIRECTO				15,99411	
				DESPESES INDIRECTES		5,00	%	0,79971	
								0,79971	
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL				16,79382	
								16,79382	
P-19	G921201J	m3	Subbase de tot-u artificial, col.locada amb estenedora i piconatge del material al 98 % del PM	Rend.: 1,000				23,78	€
				Unidades	Precio		Parcial	Importe	
Mano de obra									
	A0140000	h	Manobre	0,040	/R x	15,97000	=	0,63880	
				Subtotal:				0,63880	
								0,63880	
Maquinaria									
	C1709G00	h	Estenedora de granulat	0,015	/R x	33,01000	=	0,49515	
	C1502E00	h	Camió cisterna de 8 m3	0,005	/R x	33,14000	=	0,16570	
	C13350A0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 10 a 12 t	0,023	/R x	50,79000	=	1,16817	
				Subtotal:				1,82902	
								1,82902	
Materiales									
	B0372000	m3	Tot-u artificial	1,150	x	17,50000	=	20,12500	
	B0111000	m3	Aigua	0,050	x	0,91000	=	0,04550	
				Subtotal:				20,17050	
								20,17050	
Otros									
	A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	1,500	% s	0,63867	=	0,00958	
				Subtotal:				0,00958	
								0,00958	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 16

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
				COSTE DIRECTO		22,64790	
				DESPESES INDIRECTES 5,00 %		1,13240	
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL		23,78030	
P-20	G921201L	m3	Subbase de tot-u artificial, col.locada amb estenedora i piconatge del material al 100 % del PM	Rend.: 1,000		24,31	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,040	/R x 15,97000 =	0,63880	
				Subtotal:		0,63880	0,63880
Maquinaria							
	C1709G00	h	Estenedora de granulat	0,015	/R x 33,01000 =	0,49515	
	C1502E00	h	Camió cisterna de 8 m3	0,005	/R x 33,14000 =	0,16570	
	C13350A0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 10 a 12 t	0,033	/R x 50,79000 =	1,67607	
				Subtotal:		2,33692	2,33692
Materiales							
	B0372000	m3	Tot-u artificial	1,150	x 17,50000 =	20,12500	
	B0111000	m3	Aigua	0,050	x 0,91000 =	0,04550	
				Subtotal:		20,17050	20,17050
Otros							
	A%AUX001	%	Despeses auxiliars sobre la mà d'obra	1,500	% s 0,63867 =	0,00958	
				Subtotal:		0,00958	0,00958
				COSTE DIRECTO		23,15580	
				DESPESES INDIRECTES 5,00 %		1,15779	
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL		24,31359	
P-21	G9H117C1	t	Paviment de mescla bituminosa contínua en calent tipus AC 16 surf BC 35/50 S, amb betum millorat amb cautxú, de granulometria semidensa per a capa de trànsit i granulat granític, estesa i compactada	Rend.: 1,000		61,67	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,072	/R x 15,97000 =	1,14984	
	A012N000	h	Oficial 1a d'obra pública	0,016	/R x 14,96000 =	0,23936	
				Subtotal:		1,38920	1,38920
Maquinaria							
	C1709B00	h	Estenedora per a paviments de mescla bituminosa	0,008	/R x 44,98000 =	0,35984	
	C170D0A0	h	Corró vibratori per a formigons i betums autopropulsat pneumàtic	0,010	/R x 50,09000 =	0,50090	
	C13350C0	h	Corró vibratori autopropulsat, de 12 a 14 t	0,010	/R x 56,85000 =	0,56850	
				Subtotal:		1,42924	1,42924
Materiales							
	B9H117C1	t	Mescla bituminosa contínua en calent tipus AC 16 surf BC 35/50 S, amb betum millorat amb cautxú, de granulometria semidensa per a capa de trànsit i granulat granític	1,000	x 55,89000 =	55,89000	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 17

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
				Subtotal:		55,89000	55,89000
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,02084
				COSTE DIRECTO			58,72928
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		2,93646
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>61,66574</b>
<b>P-22</b>	<b>G9J12E40</b>	m2	Reg d'imprimació amb emulsió bituminosa catiònica tipus C50BF5 IMP(ECI), amb dotació 1 kg/m2	<b>Rend.: 1,000</b>		<b>0,58</b>	<b>€</b>
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0150000	h	Manobre especialista	0,003	/R x 16,53000	=	0,04959
				Subtotal:		0,04959	0,04959
Maquinaria							
	C1702D00	h	Camió cisterna per a reg asfàltic	0,003	/R x 22,43000	=	0,06729
				Subtotal:		0,06729	0,06729
Materiales							
	B0552460	kg	Emulsió bituminosa catiònica amb un 50% de betum asfàltic, per a reg d'imprimació tipus C50BF5 IMP(ECI) amb un contingut de fluidificant > 2%	1,000	x 0,43000	=	0,43000
				Subtotal:		0,43000	0,43000
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,00074
				COSTE DIRECTO			0,54762
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,02738
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>0,57501</b>
<b>P-23</b>	<b>GB2A1001</b>	m	Perfil longitudinal flexible d'acer galvanitzat de secció de doble ona amb característiques AASHO, per a barreres de seguretat, col·locat sobre suport	<b>Rend.: 1,000</b>		<b>23,25</b>	<b>€</b>
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,150	/R x 15,97000	=	2,39550
	A0121000	h	Oficial 1a	0,050	/R x 19,07000	=	0,95350
				Subtotal:		3,34900	3,34900
Materiales							
	BBMZP010	m	Part proporcional d'elements de fixació, per a barreres de seguretat	0,250	x 5,14000	=	1,28500
	BBM2AA00	m	Barrera de seguretat flexible d'acer galvanitzat, formada per perfil longitudinal, de secció en doble ona amb característiques AASHO	1,000	x 17,46000	=	17,46000
				Subtotal:		18,74500	18,74500
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,05024
				COSTE DIRECTO			22,14424
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		1,10721
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>23,25145</b>

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 18

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	PRECIO			
P-24	GB2B4123	u	Suport de perfil, C-120 per a barreres de seguretat flexibles, entre 0,75 i 1 m de llargària, amb un amortidor, col·locat soldat	Rend.: 1,000		35,07	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,050	/R x 15,97000	=	0,79850
	A0121000	h	Oficial 1a	0,015	/R x 19,07000	=	0,28605
	A0135000	h	Ajudant soldador	0,650	/R x 20,76000	=	13,49400
	A0125000	h	Oficial 1a soldador	0,070	/R x 23,69000	=	1,65830
				Subtotal:		16,23685	16,23685
Maquinaria							
	C200P000	h	Equip i elements auxiliars per a soldadura elèctrica	0,100	/R x 3,12000	=	0,31200
	CZ112000	h	Grup electrògen de 20 a 30 kVA	0,100	/R x 8,39000	=	0,83900
				Subtotal:		1,15100	1,15100
Materiales							
	B44Z502A	kg	Acer S275JR segons UNE-EN 10025-2, format per peça simple, en perfils laminats en calent sèrie L, LD, T, rodó, quadrat, rectangular i planxa, treballat al taller per a col·locar amb soldadura i amb una capa d'imprimació antioxidant	1,250	x 1,00000	=	1,25000
	BBMZA810	u	Amortidor de perfil d'acer galvanitzat, de secció en doble ona, per a barreres de seguretat	1,000	x 7,50000	=	7,50000
	BBMZ1210	m	Suport de perfil d'acer galvanitzat C-120, per a barreres de seguretat	0,880	x 7,98000	=	7,02240
				Subtotal:		15,77240	15,77240
				GASTOS AUXILIARES		1,50 %	0,24355
				COSTE DIRECTO			33,40380
				DESPESES INDIRECTES		5,00 %	1,67019
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			35,07399
P-25	GD501DR	m2	Ejecución del sistema de drenajes de la balsa. Incluye tuberías corrugadas de PEAD de 200 mm con relleno de material filtrante (gravilla 5-15 cm) con una lámina de geotéxtil de 125 g/m² por encima, incluye ejecución de zanjas hasta 1 m de ancho y 2 m de profundidad en terreno compacto con retroexcavadora mediana y carga mecánica del material excavado.	Rend.: 1,000		1,86	€
P-26	GG319324	m	Cable amb conductor de coure de 0,6/1 kV de tensió assignada, amb designació RV-K, tripolar, de secció 3 x 1,5 mm2, amb coberta del cable de PVC, col·locat en tub	Rend.: 1,000		1,67	€
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A013H000	h	Ajudant electricista	0,015	/R x 20,65000	=	0,30975
	A012H000	h	Oficial 1a electricista	0,015	/R x 24,08000	=	0,36120
				Subtotal:		0,67095	0,67095
Materiales							
	BG319320	m	Cable amb conductor de coure de 0,6/1 kV de tensió assignada, amb designació RV-K, tripolar, de secció 3 x 1,5 mm2, amb coberta del cable de PVC	1,020	x 0,89000	=	0,90780



JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 19

PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCÓN	PRECIO			
				Subtotal:		0,90780	0,90780
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,01006
				COSTE DIRECTO			1,58881
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		0,07944
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			1,66825
P-27	GHM11C22	u	Columna de planxa d'acer galvanitzat, de forma troncocònica, de 2,5 m d'alçària, coronament sense platina, amb base platina i porta, segons norma UNE-EN 40-5, col·locada sobre dau de formigó	Rend.: 1,000			206,68 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A0140000	h	Manobre	0,250	/R x 15,97000 =	3,99250	
	A013H000	h	Ajudant electricista	0,250	/R x 20,65000 =	5,16250	
	A012H000	h	Oficial 1a electricista	0,250	/R x 24,08000 =	6,02000	
				Subtotal:		15,17500	15,17500
Maquinaria							
	C1504R00	h	Camió cistella de 10 m d'alçària com a màxim	0,250	/R x 37,80000 =	9,45000	
				Subtotal:		9,45000	9,45000
Materiales							
	BHWM1000	u	Part proporcional d'accessoris per a columnes	1,000	x 39,85000 =	39,85000	
	BHM11C22	u	Columna de planxa d'acer galvanitzat, de forma troncocònica, de 2,5 m d'alçària, coronament sense platina, amb base platina i porta, segons norma UNE-EN 40-5	1,000	x 124,14000 =	124,14000	
	B064500C	m3	Formigó HM-20/P/40/I de consistència plàstica, grandària màxima del granulat 40 mm, amb >= 200 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició I	0,143	x 55,93000 =	7,99799	
				Subtotal:		171,98799	171,98799
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %		0,22763
				COSTE DIRECTO			196,84062
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %		9,84203
				COSTE EJECUCIÓN MATERIAL			206,68265
P-28	GHN52A81	u	Llumenera asimètrica per a vials, amb difusor cubeta de plàstic, amb làmpada llum mixta de 125 W, de preu alt, tancada amb allotjament per a equip i acoblada al bàcul	Rend.: 1,000			74,06 €
				Unidades	Precio	Parcial	Importe
Mano de obra							
	A013H000	h	Ajudant electricista	0,350	/R x 20,65000 =	7,22750	
	A012H000	h	Oficial 1a electricista	0,350	/R x 24,08000 =	8,42800	
				Subtotal:		15,65550	15,65550
Materiales							
	BHN52A80	u	Llumenera asimètrica per a vials, amb difusor cubeta de plàstic, amb làmpada llum mixta de 125 W, de preu alt, tancada amb allotjament per a equip	1,000	x 54,64000 =	54,64000	

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 20

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN			PRECIO
				Subtotal:	54,64000	54,64000
				GASTOS AUXILIARES	1,50 %	0,23483
				COSTE DIRECTO		70,53033
				DESPESES INDIRECTES	5,00 %	3,52652
				<b>COSTE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>74,05685</b>
P-29	IMPERM01	m2	Impermeabilización del cuenco del embalse con lámina de polietileno de alta densidad termosoldada, resistente a la intemperie, colocada sobre geotéxtil de 300 g/m2. Incluye p.p. soportaciones, anclajes a coronación y lastrado.	Rend.: 1,000	11,57	€
P-30	OAUYS01	u	Ejecución de obras auxiliares y colocación de elementos de seguridad	Rend.: 1,000	255.000,00	€
P-31	TOMAEMS	u	Ejecución de la toma del embalse superior	Rend.: 1,000	2.700.000,00	€
P-32	ZALYCAB	u	Albañilería y acabados	Rend.: 1,000	2.000.000,00	€
P-33	ZCONTROLCE	u	Ejecución del sistema de control de la central	Rend.: 1,000	4.350.000,00	€
P-34	ZEDVCMP	m2	Ejecución de edificio de protección de válvulas de mariposa. Estructura formada por pilares y vigas prefabricadas de hormigón sobre cimentación de hormigón armado, con cubierta metálica inclinada no transitable. Cerramientos exteriores de pared de bloque de hormigón. Incluye p.p. de cerramientos practicables, revestimientos, instalaciones y acabados.	Rend.: 1,000	2.000,00	€
P-35	ZELAUXI	u	Equipos auxiliares eléctricos	Rend.: 1,000	730.000,00	€
P-36	ZELFAIS	m	Fase aislada de 15kV y 500 MVA	Rend.: 1,000	30.000,00	€
P-37	ZELGENE	u	Equipos eléctricos de generación	Rend.: 1,000	1.800.000,00	€
P-38	ZEQAUXCEN	u	Equipos auxiliares de la central	Rend.: 1,000	630.000,00	€
P-39	ZLINEAELEC	km	Línea eléctrica aérea de 400 kV hasta subestación de compañía de distribución	Rend.: 1,000	510.000,00	€
P-40	ZLINEASPOS	u	Sistemas de posiciones para una tensión de 400 kV	Rend.: 1,000	1.830.000,00	€
P-41	ZPGRUACE	u	Puente grúa de tipo Birrail con clasificación FEM A4 (para estructura) y M4 (para mecanismos); de una capacidad de carga total de 350.000 kg; una capacidad de carga auxiliar de 10.000 kg; luz entre ejes de carriles de 19 m; recorrido total del gancho 30 m, totalmente montado e instalado.	Rend.: 1,000	1.300.000,00	€

## JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 21

### PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN			PRECIO
P-42	ZPGRUACSV	u	Puente grúa de tipo Birrail con clasificación según FEM A4 (para estructura) y M4 (para mecanismos); de una capacidad de carga total de 40.000 kg; una capacidad de carga auxiliar de 5.000 kg; luz entre ejes de carriles de 18 m; recorrido total del gancho 35; totalmente montado e instalado.	Rend.: 1,000	225.000,00	€
P-43	ZPGRUAEMBA	u	Puente grúa de tipo Birrail con clasificación según FEM A4 (para estructura) y M4 (para mecanismos); de una capacidad de carga total de 40.000 kg; una capacidad de carga auxiliar de 5.000 kg; luz entre ejes de carriles de 14 m; recorrido total del gancho 16 m; totalmente montado e instalado.	Rend.: 1,000	176.000,00	€
P-44	ZPUENTE01	m	Ejecución de puente de calzada 6 metros.	Rend.: 1,000	11.000,00	€
P-45	ZSECACO	u	Ejecución de caseta de control	Rend.: 1,000	32.000,00	€
P-46	ZSECANA	u	Formación de canalizaciones eléctricas	Rend.: 1,000	80.000,00	€
P-47	ZSECIME	u	Formación de la losa de cimentación y bancadas de equipos e instalaciones	Rend.: 1,000	165.000,00	€
P-48	ZSEDREN	u	Ejecución del sistema de drenajes y depósitos de aceite de transformadores	Rend.: 1,000	42.500,00	€
P-49	ZSEFRAF	u	Transformadores de potencia de 275 MVA y relación de transformación de 400/15 kV	Rend.: 1,000	2.887.500,00	€
P-50	ZSESPOS	u	Sistemas de posiciones para una tensión de 400 kV	Rend.: 1,000	1.830.000,00	€
P-51	ZSEVIAL	u	Formación de viales internos	Rend.: 1,000	9.000,00	€
P-52	ZTOMAINFATA	m3	Ejecución y retirada de ataguía de seguridad para contención de aguas en toma de embalse. Ejecutada con tierra seleccionada de la propia obra. Incluye transporte de tierras, terraplenado y compactación al 95% PM y excavación para su posterior retirada.	Rend.: 1,000	12,43	€
P-53	ZTOMAINFCO	u	Compuerta vagón de 5,5 x 5,5 metros de sección, cierre estanco por 4 lados. Incluye sistema de accionamiento.	Rend.: 1,000	560.000,00	€
P-54	ZTOMAINFEDIF	m2	Ejecución de edificio de protección de compuertas. Estructura formada por pilares y vigas prefabricadas de hormigón armado, con cubierta metálica inclinada no transitable. Cerramientos exteriores de pared de bloque de hormigón. Incluye p.p. de cerramientos practicables, revestimientos, instalaciones y acabados.	Rend.: 1,000	2.000,00	€

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Fecha: 05/06/14

Pág.: 22

PARTIDES DE OBRA

NÚM	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN		PRECIO	
P-55	ZTOMAINFEMB	u	Ejecución embocadura de captación	Rend.: 1,000	560.000,00	€
P-56	ZTURB225	u	Grupo generador formado por: Turbo-bomba 240 MW tipo Francis, Motor-generador 275 MVA, Sistemas de arranque y regulación.	Rend.: 1,000	23.240.000,00	€
P-57	ZVACO	u	Compuerta vagón de cierre estanco en los 4 lados de 3x4 m para cierre del circuito de baja presión.	Rend.: 1,000	280.000,00	€
P-58	ZVALV	u	Válvula de guarda de esfera d=1,8m, presión de servicio 100 bar, incluido el sistema de bypass y sistema de acondicionamiento.	Rend.: 1,000	5.000.000,00	€
P-59	ZVAMAR1	u	Suministro y montaje de válvula de mariposa DN5500 PN6, incluye bypass, grupo oleohidráulico y armario de control.	Rend.: 1,000	1.000.000,00	€